


Vitam impendere Vero
Ex libris O. Borelli
LIT. ROLLA
ROMA

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XL.

# ANNALES

## DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME QUARANTIÈME.



A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, cloître Saint-Benoît, n° 16, près la rue des Mathurins.

1829.

DE L'IMPRIMERIE DE C. THUAU,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

# ANNALES

DE

# CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

## RECHERCHES

*Sur l'élasticité des corps qui cristallisent régulièrement.*

PAR M. FÉLIX SAVART.

(Lu à l'Académie des Sciences, le 26 janvier 1829.)

JUSQU'ICI on n'a pu acquérir des notions précises sur la structure intime des corps que par deux moyens, 1° par le clivage, pour les substances régulièrement cristallisées, opaques ou transparentes; 2° pour les substances transparentes seulement, par les modifications qu'elles apportent à la propagation de la lumière.

Le premier de ces moyens a fait connaître que les corps cristallisés sont des assemblages de lames parallèles à certaines faces du cristal, et il n'a rien indiqué sur la force avec laquelle ces lames adhèrent entre elles, non

plus que sur leur état élastique. Le second, beaucoup plus puissant que le premier, parce qu'il met en évidence des actions dépendantes de la forme même des particules, a fait découvrir des phénomènes dont le clivage seul n'aurait jamais permis de soupçonner l'existence. Mais quoique ces deux procédés d'expérience et quelques autres moins importans aient introduit dans la science beaucoup d'idées et de notions nouvelles, néanmoins on peut dire que la partie de la physique qui traite de l'arrangement des particules des corps et des propriétés qui en résultent, telles que l'élasticité, la dureté, la fragilité, la malléabilité, etc., est encore dans l'enfance.

Les travaux de Chladni sur les modes de vibrations des lames de verre ou de métal, et les recherches que j'ai publiées sur le même sujet, surtout celles qui se rapportent aux modes de division des disques de substance fibreuse, comme le bois, permettaient de soupçonner qu'on parviendrait, par ce moyen, à acquérir des notions nouvelles sur la distribution de l'élasticité dans les corps solides; mais on ne voyait pas nettement par quel procédé l'on pourrait arriver à ce résultat, quoique la marche qu'il fallait suivre fût d'une grande simplicité.

Toutefois si ce mode d'expérience, dont nous allons donner la description, est simple en lui-même, il ne laisse pas cependant de s'environner d'une foule de difficultés de détail qui ne pourront être levées qu'après de nombreuses tentatives, et qui, je l'espère, serviront d'excuse à l'imperfection de ces recherches, que je ne donne d'ailleurs que comme les premiers rudimens d'un travail plus étendu.

## § I^er. *Exposé des moyens d'exploration employés dans ces recherches.*

Les lames circulaires qui produisent des vibrations normales sont susceptibles de plusieurs modes de division ; tantôt elles se partagent en un plus ou moins grand nombre de secteurs égaux, toujours en nombre pair, qui exécutent leurs vibrations dans un même temps, et qui sont séparés par des lignes nodales diamétrales ; tantôt elles se partagent en un plus ou moins grand nombre de zônes concentriques, séparées par des lignes de repos circulaires, et ces deux séries de modes de division peuvent encore se combiner entre elles, de sorte que les figures acoustiques qui en résultent sont des lignes circulaires divisées en parties égales par des lignes nodales diamétrales.

Si la lame qu'on fait résonner est parfaitement homogène, circulaire et égale d'épaisseur, il est clair que, dans le cas où la figure ne se compose que de lignes diamétrales, le système qu'elles forment doit pouvoir se placer dans toutes sortes de directions, c'est-à-dire qu'un point quelconque du contour de la lame étant pris pour le lieu de l'ébranlement, cette seule condition détermine la position de la figure nodale, puisque le point directement ébranlé est toujours le milieu d'une partie vibrante. Dans le cas des lignes circulaires, pour les conditions que nous venons de supposer, ces lignes seraient exactement concentriques à la circonférence de la lame. Ces résultats sont une conséquence naturelle de la symétrie qu'on suppose exister soit dans la forme, soit dans la structure de la lame ; mais si cette symétrie est

altérée alors, on conçoit qu'une figure acoustique composée de lignes nodales diamétrales ne devra plus se placer dans une direction dépendante uniquement de la position du point de l'ébranlement, et que, s'il s'agit d'une figure composée de lignes circulaires, ces lignes devront être altérées et deviendront, par exemple, elliptiques ou de quelque autre forme plus compliquée. C'est ainsi que le système de deux lignes nodales qui se coupent rectangulairement, ne peut se placer sur une lame elliptique que dans une seule position, sur les axes mêmes de l'ellipse. Il y a cependant une seconde position où ce mode de division peut s'établir; mais alors il est altéré dans sa forme, et il ressemble aux deux branches d'une hyperbole dont le premier axe correspond au grand axe de l'ellipse : dans ce dernier cas, le nombre des vibrations est plus petit que dans le premier, et d'autant plus que les axes de l'ellipse diffèrent davantage entre eux. On observe un phénomène analogue lorsqu'on cherche à produire ce même genre de division sur une lame circulaire de laiton, bien égale d'épaisseur, et dans laquelle on a pratiqué plusieurs traits de scie parallèles, et ne pénétrant que jusqu'à une petite distance de la surface : l'une des lignes nodales croisées correspond toujours au trait de scie qui a été pratiqué suivant une diamétrale, et le système des deux lignes hyperboliques se dispose de manière que le même trait de scie devient le second axe de l'hyperbole. Ainsi, dans l'un comme dans l'autre cas, le premier axe de l'hyperbole est toujours dans le sens de la plus petite résistance à la flexion.

Supposons maintenant que, la lame restant parfaitement circulaire et égale d'épaisseur, elle possède dans le

sens de son plan un degré d'élasticité qui ne soit pas le même suivant deux directions perpendiculaires entre elles, alors la disposition symétrique autour du centre se trouvant détruite, quoique d'une autre manière que dans les deux exemples que nous venons de citer, on devra encore obtenir un résultat analogue.

En effet, si l'on prend une lame de cette espèce, par exemple une lame de bois, taillée parallèlement aux fibres, qu'on la fixe légèrement par son centre et qu'on cherche à lui faire produire le mode de division composé de deux lignes croisées rectangulairement, on reconnaît bientôt que, quand elle se divise ainsi, les lignes de repos se placent toujours suivant les directions de la plus grande et de la plus petite résistance à la flexion, et qu'en l'ébranlant ensuite à l'extrémité même des lignes précédentes, on peut lui faire produire un second mode de division qui se présente sous l'aspect d'une hyperbole dont les branches seraient très-redressées, et qui aurait pour second axe celle des lignes croisées qui correspond au sens de la plus grande résistance à la flexion. En un mot, dès que la disposition symétrique autour du centre se trouve détruite, n'importe de quelle manière, le mode de division formé par deux lignes nodales qui se coupent rectangulairement ne peut plus s'établir que dans deux positions déterminées, pour l'une desquelles il revêt souvent l'aspect de deux branches d'hyperbole plus ou moins redressées; et, comme nous le verrons bientôt, il peut même arriver que, pour certaines distributions d'élasticité, ce mode de division se présente sous la forme de deux courbes hyperboliques dans les deux positions où il devient possible. Enfin, si l'on fait pro-

duire à une pareille lame quelques-uns des modes de division élevés, mais cependant composés de lignes diamétrales, l'expérience montre qu'ils ne peuvent, de même, s'établir que dans deux positions invariables, et en subissant certaines modifications analogues à celles qu'éprouve le système de deux lignes croisées à angle droit. Ainsi la fixité des figures nodales et la double position qu'elles peuvent affecter sont un caractère distinctif des lames circulaires, dont toutes les diamétrales ne jouissent pas d'une élasticité ou d'une cohésion uniforme.

Il résulte donc de ce qui précède, qu'en formant, avec diverses substances, des lames circulaires bien égales d'épaisseur, on pourra, par la position fixe ou indéterminée d'une figure acoustique composée de lignes nodales diamétrales, reconnaître si les propriétés de la substance dont il s'agit sont les mêmes dans toutes les directions. En appliquant ce mode d'exploration à un très-grand nombre de lames formées de diverses substances cristallisées régulièrement ou confusément, comme les métaux, le verre, le soufre, le cristal de roche, la chaux carbonatée, la chaux sulfatée, le plâtre, etc., on trouve constamment que la figure acoustique, formée de deux lignes croisées rectangulairement, ne peut s'y établir que dans une seule position; et qu'il y a une seconde position pour laquelle on obtient deux lignes courbes hyperboliques qui s'accompagnent, selon les divers cas, d'un son qui diffère plus ou moins de celui qui se produit à l'occasion des lignes croisées. L'on rencontre aussi des lames qui ne sont jamais susceptibles d'affecter le mode de division formé de deux lignes droites, et où l'on n'obtient que deux systèmes de courbes hyperboliques

quelquefois semblables, mais donnant cependant des sons différens. En un mot, jusqu'à présent je n'ai trouvé aucun corps pour lequel une même figure nodale pût se placer dans toutes les directions; ce qui semble indiquer qu'il est très-peu de substances solides qui jouissent des mêmes propriétés dans tous les sens. Mais ce qui paraît encore plus extraordinaire, c'est que, si l'on taille dans un même corps, par exemple, dans une masse de métal, des lames prises suivant différentes directions, les unes sont susceptibles du mode de division composé de deux lignes qui se croisent rectangulairement, tandis que les autres ne présentent que deux systèmes de courbes hyperboliques. Dans l'un et l'autre cas, les sons des deux systèmes peuvent différer beaucoup : il peut, par exemple, y avoir entre eux un intervalle de plus d'une quinte.

Pour arriver à découvrir les lois expérimentales de ce genre de phénomènes, il faudrait donc pouvoir les étudier, d'abord dans les cas les plus simples, par exemple, sur des corps dont l'état élastique, connu à l'avance, ne serait différent que suivant deux sens, comme cela aurait lieu dans un corps qu'on composerait en plaçant les unes sur les autres des lames planes formées de deux substances hétérogènes, de manière que toutes les lames impaires fussent d'une même substance et toutes les lames paires d'une autre, l'élasticité étant d'ailleurs la même dans tous les sens du plan de chacune d'elles. Mais cette condition m'a paru difficile à atteindre, puisque jusqu'ici je n'ai trouvé aucun corps dont l'élasticité fût la même dans toutes les directions.

La structure la plus simple après la précédente serait celle d'un corps composé de couches cylindriques

et concentriques dont la nature serait alternativement différente pour des couches voisines, comme cela a à peu près lieu dans une branche d'arbre exempte de nœuds. En effet, l'élasticité devrait être sensiblement la même dans tous les sens du plan d'une lame taillée perpendiculairement à l'axe du cylindre, et elle devrait différer beaucoup de celle qu'on observerait dans le sens de l'axe. En conséquence nous commencerons par examiner ce premier cas; après quoi nous passerons à celui où l'élasticité serait différente suivant trois sens perpendiculaires entre eux, comme cela aurait lieu dans un corps composé de lames planes alternativement de deux substances différentes, et dont l'état élastique ne serait pas le même suivant deux sens perpendiculaires entre eux. Le bois remplit encore ces différentes conditions; car dans un arbre d'un très-grand diamètre, les couches ligneuses pouvant être considérées comme sensiblement planes, pour un petit nombre de degrés de la circonférence, si l'on se borne à tailler des lames d'un petit diamètre à peu de distance de la surface, on pourra supposer sans erreur bien notable, au moins pour l'ensemble des phénomènes, que les expériences ont été faites sur un corps dont l'élasticité n'est pas la même suivant trois directions rectangulaires entre elles, puisque, comme on sait, cette propriété n'existe pas au même degré suivant la direction des fibres, suivant celle du rayon de l'arbre, et suivant une direction perpendiculaire aux fibres et tangente aux couches ligneuses.

Enfin de ces deux cas, les plus simples que nous ayons pu étudier, nous passerons aux phénomènes bien plus compliqués que présentent les corps régulièrement

cristallisés, tels que le cristal de roche et la chaux carbonatée.

## § II. *Analyse du bois par le moyen des vibrations sonores.*

Supposons que la figure 1re représente un cylindre de bois dont les couches annuelles soient concentriques à la circonférence, et soit $BCDE$ fig. 2, un plan quelconque, passant par l'axe $AY$ du cylindre; enfin $n\,n'$ une ligne normale à ce plan : il est clair que des lames prises perpendiculairement à $BCDE$, et suivant les diverses directions 1, 2, 3, 4, 5, etc., autour de $n\,n'$, devront présenter des phénomènes différens, puisqu'elles contiendront toutes dans leur plan l'axe $n\,n'$ de moindre élasticité, et que la résistance à la flexion, suivant les lignes 1, 2, 3, 4, 5, ira toujours en augmentant, à mesure que les lames approcheront plus d'être parallèles à l'axe $AY$ de plus grande élasticité.

Pour la lame n° 1, fig. 3, perpendiculaire à cet axe, tout étant symétrique autour du centre, le mode de division composé de deux lignes, qui se coupent à angle droit, devra pouvoir se placer suivant toutes sortes de directions, selon que le lieu de l'ébranlement occupera tel ou tel point de la circonférence; c'est aussi ce qui arrive : mais il n'en sera plus de même pour la lame n° 2, inclinée de 22° 5′ sur la précédente. Pour celle-ci, l'élasticité devenant un peu plus grande suivant $rs$ contenue dans le plan $BCDE$, que, suivant $n\,n'$ normale à ce plan, cette circonstance devra déterminer les lignes nodales à s'établir suivant ces deux directions. Toutefois, comme cette différence est très-légère, le

système de ces deux lignes pourra encore se déplacer, quand on fera varier le lieu de l'ébranlement ; mais il se déformera un peu, et il prendra l'aspect de deux branches d'hyperbole lorsqu'il sera arrivé à 45° de sa première position. Pour la lame n° 3, inclinée de 45° sur l'axe *A Y*, la différence des deux élasticités extrêmes étant plus grande, le système des lignes croisées deviendra tout-à-fait fixe, ou bien il ne pourra parcourir que quelques degrés à droite et à gauche de la position qu'il affecte de préférence ; mais le système hyperbolique dont les sommets *a* et *b* sont plus écartés que dans la fig. 2, présentera cette particularité remarquable, de pouvoir se transformer graduellement dans le système rectangulaire, lorsqu'on fera varier la position du point directement ébranlé.

En examinant avec soin la marche des lignes nodales dans la fig. 2, on trouve également que ses deux systèmes nodaux peuvent ainsi se changer l'un dans l'autre ; et le même phénomène se reproduit dans la lame n° 4, où les valeurs des élasticités extrêmes diffèrent encore plus, et où les points *a* et *b* s'écartent toujours l'un de l'autre en même temps que les courbes se redressent davantage. Pour la lame n° 5 parallèle à l'axe *A Y*, ces courbes ne sont plus susceptibles que d'affecter la position indiquée dans la figure. Ainsi, pour le n° 1er, les centres *a* et *b* sont confondus en un seul, et il n'y a qu'une seule figure composée de deux lignes croisées, dont le système peut affecter toutes sortes de positions ; ensuite ces centres s'écartant graduellement, les modes de division peuvent se changer l'un dans l'autre, et enfin quand les branches de la courbe approchent d'être

des lignes droites, les deux figures deviennent tout-à-fait fixes.

L'existence de ces points ou centres nodaux est sans doute un phénomène bien remarquable, et qu'il sera important d'étudier avec beaucoup de soin. Pour en donner une idée exacte, j'ai indiqué par un ponctué différent, dans la fig. 4, les modifications successives qui affectent les deux lignes hyperboliques, lorsque la lame est fixée par l'un des points $a$ ou $b$, et que le lieu de l'ébranlement passe graduellement de $e$ en $e'$, $e''$ en parcourant un quart de la circonférence de la lame. Lorsque l'ébranlement a lieu aux environs de $e''$, les courbes, par la réunion de leurs sommets, se transforment en deux lignes droites qui se coupent rectangulairement; et l'on conçoit que, s'il avait lieu vers $e'''$, les deux branches de la courbe reparaîtraient, mais avec cette particularité, que leur premier axe prendrait la position affectée par le second, lorsque l'ébranlement était exercé de l'autre côté de $e''$.

Quant aux nombres de vibrations qui correspondent à chaque mode de division, pour les divers degrés d'inclinaison des lames, on voit, en examinant la fig. 3, que, d'abord égaux dans le n° 1, ils vont toujours en augmentant et en s'écartant l'un de l'autre jusqu'au n° 5 qui contient l'axe du cylindre; et l'on conçoit, en effet, que l'élasticité dans le sens perpendiculaire à l'axe, demeurant la même pour toutes les lames, tandis que celle qui est perpendiculaire à cette direction va toujours en augmentant, ce devait être là, en général, la marche du phénomène.

Cette expérience a été faite sur des lames de chêne

de $8^{cent.},4$ de diamètre et de $3^{m},7$ d'épaisseur; elle a été répétée sur des lames de hêtre, et les résultats ont été analogues; seulement le rapport entre les deux élasticités n'étant pas le même, l'écart entre les deux sons de chaque lame s'est trouvé plus grand.

La conséquence la plus générale qu'on puisse tirer de l'expérience précédente, c'est que, dans les bois où les couches annuelles sont à très-peu près cylindriques et concentriques, l'élasticité est sensiblement uniforme suivant toutes les diamétrales d'une section quelconque perpendiculaire à l'axe de la branche. Nous verrons plus loin que des lames de chaux carbonatée ou de cristal de roche, taillées perpendicnlairement à l'axe, présentent bien rarement cette uniformité de structure pour toutes leurs diamétrales, quoique les modifications que de pareilles lames impriment à la lumière polarisée, paraissent cependant symétriques autour de ce même axe.

Dans le cas que nous venons d'examiner, deux des trois axes d'élasticité étant égaux, les phénomènes sont, comme on vient de le voir, exempts de grandes complications. Il n'en est plus de même lorsque les trois axes possèdent une élasticité différente : alors il serait indispensable de tailler d'abord une série de lames autour de chacun des axes, ensuite une quatrième série autour d'une ligne inclinée également sur les trois axes, et enfin il faudrait encore en prendre une autour de chacune des lignes qui divisent en deux également l'angle compris entre deux quelconques des axes; et, malgré le grand nombre de résultats qu'on obtiendrait par ce procédé, on serait encore loin du but à atteindre, puisque ces diverses séries manqueraient de liaison

entre elles, et que, par conséquent, ce procédé ne pourrait pas donner une idée nette de l'ensemble des transformations des lignes nodales. Néanmoins je me contenterai de suivre cette marche, qui m'a paru moins compliquée que toute autre, et qui suffit pour mettre dans tout leur jour les principales particularités de ce genre de phénomènes.

Afin qu'on puisse se représenter plus facilement les rapports de position des lignes autour desquelles j'ai taillé les diverses séries de lames dont je viens de parler, et les relations qu'elles ont avec les plans des couches ligneuses, ainsi qu'avec la direction de leurs fibres, je les rapporterai toutes aux arêtes d'un cube $AE$, fig. 5, dont je supposerai que la face $AXBZ$ est parallèle aux couches ligneuses, et l'arête $AX$ à la direction des fibres, ce qui permettra de regarder les trois arêtes $AX$, $AY$, $AZ$ comme étant les axes mêmes d'élasticité. Ensuite j'indiquerai les divers degrés d'inclinaison des lames de chaque série, sur un plan normal à la ligne autour de laquelle elles seront taillées ; la position et le contour de ce plan étant d'ailleurs rapportés aux faces naturelles du cube.

Mais, avant de commencer à décrire les phénomènes que présente chacune de ces séries, il est indispensable de chercher à déterminer le rapport de la résistance à la flexion, dans le bois, suivant la direction même des trois axes d'élasticité ; c'est ce que l'on peut faire facilement au moyen des vibrations, en taillant trois petites verges prismatiques carrées, de mêmes dimensions, suivant les trois sens que nous venons d'indiquer ; car on pourra découvrir le degré de leur élasticité par la comparaison

des nombres de vibrations qu'elles exécuteront, pour un même mode de division, en sachant d'ailleurs que, lors du mouvement transversal, les nombres des vibrations sont comme les racines carrées de la résistance à la flexion, ou, ce qui est la même chose, que la résistance à la flexion est comme le carré du nombre des oscillations.

La figure 6me présente les résultats d'une expérience de cette espèce qui a été faite sur le même morceau de hêtre dans lequel j'ai taillé toutes les lames dont je vais parler plus bas. Dans cette figure, pour fixer les idées, j'ai donné à ces verges des directions parallèles aux arêtes *AX*, *AY*, *AZ* du cube fig. 5, et j'ai supposé que les faces des verges étaient parallèles à celles du cube. Il est à remarquer que chaque verge peut faire entendre deux sons pour un même mode de division, selon que l'ébranlement a lieu suivant *ab* ou *cd*; mais, lorsqu'elles sont très-minces, la différence qui existe entre eux est assez légère pour qu'on puisse la négliger. L'inspection de la fig. 6 montre donc que, suivant *AZ*, la résistance à la flexion est moindre; de sorte que cette résistance étant représentée par l'unité, elle devient 2.25 suivant *AY*, et 16 suivant *AX*. Il est évident que l'élasticité, suivant toute autre direction, serait toujours intermédiaire à celle des directions que nous venons de considérer.

Ceci étant bien établi, nous allons passer à l'examen détaillé des diverses séries de lames dont nous avons parlé plus haut.

Première Série. *Lames prises autour de l'axe* AY *et perpendiculaires à la face* AXBZ *du cube.*

Dans les lames de cette série, l'un des modes de division demeure constamment le même. (Voyez fig. 5, 7 et 8.) Il se compose de deux lignes croisées rectangulairement, dont l'une *ay* se place constamment sur l'axe *AY* de moyenne élasticité ; mais, quoique ce système se présente toujours avec le même aspect, il ne s'accompagne pas, pour les diverses inclinaisons des lames, des mêmes nombres de vibrations ; ce qui devait être, puisque l'influence de l'axe de plus grande élasticité doit d'autant plus se faire sentir que les lames approchent plus de le contenir dans leur plan : le son de ce système doit donc monter à mesure que les lames sont plus près d'être parallèles au plan *CYAX*. Quan au système hyperbolique, il subit des transformations remarquables qui tiennent à ce que la ligne *ay* demeurant l'axe de moyenne élasticité dans toutes les lames, la ligne *cd*, qui est l'axe de moindre élasticité dans le n° 1, se transforme graduellement en celui de plus grande élasticité, qui est contenu dans le plan de la lame n° 6. Il suit de là qu'il doit y avoir un certain degré d'inclinaison pour lequel les élasticités, suivant les deux directions *ay*, *cd*, doivent être égales : or, c'est ce qui arrive en effet pour la lame n° 3 ; et cette égalité peut se constater en taillant dans cette lame, suivant *ay* et sa perpendiculaire, deux petites verges de mêmes dimensions : on voit, en leur imprimant le même mode de mouvement transversal, qu'elles font entendre le même son. Il résulte aussi de ce que l'élas-

ticité suivant *ay* est tantôt plus petite et tantôt plus grande que celle qui existe suivant *cd*, que le premier axe de l'hyperbole nodale doit changer de direction pour pouvoir toujours rester perpendiculaire à celle des lignes *ay*, *cd*, qui possède la plus grande élasticité; ainsi, dans les nos 1 et 2, *cd* possédant la moindre élasticité, elle devient le premier axe de l'hyperbole, tandis que, dans les nos 4, 5 et 6, l'élasticité étant plus grande suivant *cd* que suivant *ay*, c'est sur cette dernière ligne que se place le premier axe de l'hyperbole. Comme le rapport des deux élasticités ne varie que graduellement, il est clair que les modifications imprimées au système hyperbolique doivent de même être graduelles : aussi les sommets de ces courbes, d'abord écartés pour le n° 1 d'une certaine quantité (qui dépendra de la nature du bois), se rapprocheront de plus en plus, pour les lames suivantes, jusqu'à se confondre, comme dans le n° 3, à un certain degré d'inclinaison, qui était de 45° dans l'expérience que je rapporte en ce moment, mais qui pourrait être d'un nombre de degrés différent pour une autre espèce de bois. Au point où nous avons vu que les élasticités sont égales dans le sens des axes, les deux courbes se transforment en deux lignes droites qui se coupent rectangulairement, après quoi elles se séparent de nouveau; mais leur désunion s'opère dans un sens perpendiculaire à celui de leur réunion. Les sons du système hyperbolique suivent à peu près la même marche que ceux du système des lignes croisées, c'est-à-dire qu'ils s'élèvent d'autant plus que les lames approchent plus d'être parallèles à l'axe de plus grande élasticité; mais

ce qui mérite d'être remarqué, c'est que la lame n° 3, pour laquelle l'élasticité dans les deux sens *ay*, *cd*, est la même, est celle dont les deux sons laissent entre eux le plus grand intervalle : ceci tient évidemment à ce que l'élasticité dans les deux sens *ay*, *cd*, est très-différente de celle qui existe suivant les autres directions de la lame.

Enfin il est à remarquer que, dans les quatre premières lames, le son du système nodal hyperbolique est plus aigu que celui du système des lignes croisées, et que c'est le contraire pour la lame n° 6, ce qui fait qu'il doit nécessairement y avoir entre le n° 4 et le n° 6 une lame dont les sons doivent être égaux, ce qui, dans le cas actuel, a lieu pour le n° 5, quoique ses deux modes de division diffèrent beaucoup entre eux. Cette lame offre encore ceci de remarquable, que ses deux modes de division peuvent se transformer graduellement l'un dans l'autre par le changement de position du lieu de l'ébranlement, de sorte que les deux points *c* et *c'* devenant deux centres nodaux, elle se trouve, sous tous les rapports, dans les conditions indiquées par la fig. 4.

L'intervalle compris entre le son le plus grave et le son le plus aigu de cette série était d'une sixte superflue.

Il est presque inutile de remarquer que des lames prises suivant les directions I, II, III, inclinées de l'autre côté de l'axe *AX* des mêmes nombres de degrés que les lames 1, 2, 3, présenteraient exactement les mêmes phénomènes que ces dernières. Cette observation étant également applicable aux séries suivantes, nous nous bornerons à la mentionner ici.

Deuxième Série. *Lames prises autour de l'axe AZ de moindre élasticité et perpendiculaires au plan CYAX*; fig. 9 et 10.

Comme dans le cas précédent, l'un des systèmes nodaux des lames de cette série se compose de deux lignes croisées rectangulairement, dont l'une *az* correspond à l'axe *AZ*, d'où il suit que la seconde peut être regardée comme la projection des deux autres axes sur le plan de la lame qui, quelle que soit son inclinaison, doit posséder, en conséquence, une plus grande élasticité dans le sens *fg* que dans le sens *az*: ainsi le système hyperbolique de cette série ne peut pas présenter les transformations qu'il nous a offertes dans la série précédente, ou *cd*, fig. 8, possédait une élasticité tantôt plus petite, tantôt plus grande que celle de *ay*. Dans le cas actuel, *az* demeurant constamment l'axe de moindre élasticité, la résistance à la flexion suivant *fg* va en croissant graduellement depuis la lame n° 1 jusqu'à la lame n° 6 parallèle au plan *AXBZ*, et les branches de l'hyperbole se redressent à mesure que les lames approchent plus de cette dernière position. Quant aux sons qui correspondent à chacun des deux systèmes nodaux, on observe qu'ils montent graduellement depuis le n° 1 jusqu'au n° 6, et que le son du système hyperbolique est plus aigu dans une partie de la série que celui du système des lignes croisées, tandis qu'il redevient plus grave dans l'autre partie. Il y a donc aussi une certaine inclinaison pour laquelle les sons des deux systèmes doivent être égaux; et c'est évidemment ce qui aurait eu lieu dans l'expérience actuelle pour une lame intermédiaire au n° 4 et au n° 5.

L'intervalle entre le son le plus grave et le son le plus aigu de cette série était d'une quinte superflue.

Troisième Série. *Lames prises autour de l'axe* AX *de plus grande élasticité, et perpendiculaires au plan* AYDZ; fig. 11 et 12.

L'état élastique de ces lames ne peut pas présenter des différences aussi notables que celles que nous avons observées dans les séries précédentes ; car, étant toutes taillées autour de l'axe de plus grande élasticité, elles ne peuvent, en outre, contenir dans leur plan que celui de moindre ou celui de moyenne élasticité, ou enfin des intermédiaires entre ces deux limites, qui sont d'ailleurs peu éloignées. Aussi voit-on que leurs modes de division diffèrent très-peu entre eux, et que les sons qui leur correspondent présentent des différences assez légères, quoiqu'ils aillent toujours en montant à mesure que les lames approchent plus de contenir l'axe de moyenne élasticité dans leur plan. Ici, comme dans les autres séries, l'un des systèmes nodaux se compose de deux lignes croisées rectangulairement, dont l'une *ax* se place toujours sur l'axe de plus grande élasticité, et cette ligne sert de second axe aux courbes hyperboliques qui composent le système nodal. Sans doute que ces courbes ne sont pas tout-à-fait semblables dans les différentes lames ; mais je n'ai pu apercevoir entre elles aucune différence bien notable, si ce n'est qu'il paraît que leurs sommets se rapprochent graduellement d'une très-petite quantité, à mesure que les lames approchent plus de contenir l'axe intermédiaire dans leur plan.

Quatrième Série. *Lames taillées autour de la diagonale AD, et perpendiculaires au plan* BCYZ, fig. 13 et 14.

Ces lames présentent des phénomènes beaucoup plus compliqués que ceux que nous avons observés jusqu'ici. Excepté pour la première et pour la dernière, ni l'un ni l'autre des deux systèmes nodaux n'est composé de lignes droites croisées rectangulairement; ce qui montre que ce dernier genre de figure acoustique ne peut s'établir que sur les lames qui contiennent au moins l'un des axes d'élasticité dans leur plan, puisque les nos 2, 3, 4, 5, qui sont inclinés sur les trois axes ne présentent que des lignes hyperboliques, tandis que le n° 1, qui contient deux des axes d'élasticité, et le n° 6, qui n'en contient qu'un, sont susceptibles d'affecter ce genre de division.

Dans cette série, ni l'un ni l'autre des modes de division ne demeure constamment le même pour les divers degrés d'inclinaison des lames; à partir de la lame n° 1, l'un des systèmes passe graduellement de deux lignes croisées à deux branches d'hyperbole, qui se transforment presqu'en lignes droites parallèles dans le n° 6: au contraire, l'autre système se présente dans le n° 1, sous la forme de deux courbes hyperboliques dont les sommets se rapprochent de plus en plus jusqu'à se confondre dans le n° 6, où elles affectent la forme de deux lignes droites qui se coupent à angle droit; et cette marche contraire, dans les modifications des deux systèmes, est telle qu'il y a une certaine inclinaison (n° 3) pour laquelle les deux modes de division sont les mêmes,

quoique les sons qui leur correspondent soient très-différens.

Comme dans les séries précédentes, et pour les mêmes raisons, le son de chaque système nodal va toujours en s'élevant à mesure qu'il s'agit d'une lame qui approche plus de contenir l'axe de plus grande élasticité dans son plan.

Cinquième Série. *Lames taillées autour de la diagonale* AE, *et perpendiculairement au plan*, rst; fig. 5.

Parmi toutes les lames qu'on peut tailler autour de la diagonale *AE* du cube fig. 5, il en est trois dont chacune contient l'un des axes d'élasticité, et que par conséquent nous avons déjà eu occasion d'observer ; ainsi la lame n° 3, fig. 8, qui passe par la diagonale *AB* et par l'arête *AY*, contient la diagonale *AE* dans son plan : de même, la lame n° 4, fig. 10, qui passe par l'une des diagonales *XY* ou *AC*, et qui est perpendiculaire au plan *CYAX*, contient aussi *AE* dans son plan ; et enfin la lame n° 3 de la fig. 12, parallèle au plan *ADEX*, est également dans le même cas. Ainsi, si *rst*, fig. 15, est un plan perpendiculaire à la diagonale *AE*, et si les lignes 1, 3, 5, indiquent les directions des trois lames dont nous venons de parler, il suffira, pour connaître la marche des transformations qui lient entr'eux les modes de division de ces lames, de prendre autour de *AE*, dont la projection est en *c*, quelques autres lames telles que 2, 4, 6. Les n^os^ 1, 2, 3... de la fig. 16 représentent cette série ainsi complétée, et la ligne ponctuée *ae* indique dans tous la direction de la diagonale du cube.

Le système nodal représenté par des lignes pleines, se compose, pour le n° 1, de deux lignes nodales croisées, dont l'une *ay* se place sur l'axe *AY*, et l'autre suivant une direction perpendiculaire ; il se transforme n° 2 en des courbes hyperboliques qui, par le rapprochement de leurs sommets, redeviennent des lignes droites dans le n° 3, qui contient l'axe *AX* de plus grande élasticité ; ensuite ces courbes s'écartent de nouveau, n° 4, et dans le même sens que n° 2, puis elles se changent une troisième fois en des lignes droites, dans le n° 5, qui contient l'axe *AZ* de moindre élasticité ; et enfin elles reprennent l'aspect de deux branches d'hyperbole dans le n° 6.

Les transformations du système ponctué sont bien moins compliquées, puisqu'il se présente sous l'aspect de deux lignes droites croisées rectangulairement dans le n° 1, et qu'il ne fait ensuite que se changer en deux branches d'hyperbole, qui vont en se redressant jusqu'à une certaine limite qui paraît être au n° 3, et dont les sommets se rapprochent ensuite n°s 5 et 6, pour se confondre de nouveau dans le n° 1.

Quant à la marche générale observée par les sons des deux systèmes nodaux, elle est très-simple, et il était facile de la déterminer à l'avance. En effet, la lame n° 5, contenant dans son plan l'axe *AZ* de moindre élasticité, fait entendre les deux sons les plus graves de toute la série ; ensuite ces sons s'élèvent graduellement jusqu'au n° 3, qui contient l'axe *AX* de plus grande élasticité ; après quoi, ils redescendent peu à peu dans les n°s 2 et 1 (ce dernier contient dans son plan

l'axe *A Y* d'élasticité intermédiaire), et ils reviennent enfin à leur point de départ dans les lames n$^{os}$ 6 et 5.

Les transformations des lignes nodales des lames de cette série, en établissant une liaison entre les trois séries de lames taillées autour des axes, font concevoir la possibilité d'arriver à la détermination de surfaces nodales qu'on pourrait supposer exister dans l'intérieur des corps à trois axes rectangulaires d'élasticité, et dont la connaissance permettrait de déterminer, *à priori*, les modes de division d'une lame circulaire inclinée d'une manière quelconque par rapport à ces axes. Mais il est clair que, pour tenter un pareil travail, il faudrait pouvoir le baser d'après des expériences faites sur une substance dont les axes seraient rigoureusement perpendiculaires entr'eux, ce qui n'a pas tout-à-fait lieu dans le bois.

Il nous resterait maintenant à examiner deux autres séries de lames, l'une prise autour de la diagonale *A B*, et l'autre autour de la diagonale *A C*; mais on conçoit que les dispositions de lignes nodales qu'elles présenteraient différeraient assez peu de celles de la quatrième série, pour que nous puissions nous dispenser de les examiner.

Tels sont, en général, les phénomènes qu'on observe dans les corps qui, comme celui que nous venons d'examiner, possèdent trois axes rectangulaires d'élasticité : réunis dans un petit nombre de propositions, les résultats que nous avons obtenus se réduisent aux données générales suivantes :

1°. Lorsque l'un des axes d'élasticité se trouve dans le plan de la lame, l'une des figures nodales se com-

pose toujours de deux lignes droites qui se coupent à angle droit, et dont l'une se place constamment sur la direction même de cet axe; l'autre figure est alors formée par deux courbes qui ressemblent aux branches d'une hyperbole.

2°. Lorsque la lame ne contient aucun des axes dans son plan, les deux figures nodales sont constamment des courbes hyperboliques; jamais il n'entre de lignes droites dans leur composition.

3°. Les nombres de vibrations qui accompagnent chaque mode de division sont, en général, d'autant plus élevés que l'inclinaison de la lame sur l'axe de plus grande élasticité devient moindre.

4°. La lame qui donne le son le plus aigu, ou qui est susceptible de produire le plus grand nombre de vibrations, est celle qui contient dans son plan l'axe de plus grande élasticité et celui de moyenne élasticité.

5°. La lame qui est perpendiculaire à l'axe de plus grande élasticité est celle qui fait entendre le son le plus grave, ou qui est susceptible de produire le plus petit nombre de vibrations.

6°. Quand l'un des axes est dans le plan de la lame, et que l'élasticité dans le sens perpendiculaire à cet axe est égale à celle qu'il possède lui-même, les deux systèmes nodaux sont semblables; ils se composent chacun de deux lignes droites qui se coupent rectangulairement, et ils se placent à 45° l'un de l'autre. Il n'y a dans un corps qui possède trois axes d'élasticités inégales que deux plans qui jouissent de cette propriété.

7°. Le premier axe des courbes nodales se plaçant toujours suivant la direction de la moindre résistance à

la flexion, il suit de là que, quand dans une série de lames cet axe se place dans la direction occupée d'abord par le second, c'est que, suivant cette dernière direction, l'élasticité est devenue relativement moindre que dans l'autre.

8°. Dans un corps qui possède trois axes inégaux d'élasticité, il y a quatre plans pour lesquels l'élasticité est distribuée de telle manière que les deux sons des lames parallèles à ces plans deviennent égaux, et que les deux modes de division se transforment graduellement l'un dans l'autre, en tournant autour de deux points fixes que, pour cette raison, j'ai appelés *centres nodaux*.

9°. Les nombres des vibrations ne sont liés qu'indirectement avec les modes de division, puisque deux figures nodales semblables, comme dans le n° 3, fig. 8, et dans le n° 3, fig. 14, s'accompagnent de sons très-différens; tandis que, d'un autre côté, les mêmes sons sont produits à l'occasion de figures très-différentes, comme cela a lieu pour le n° 5 de la fig. 8.

10°. Enfin une conséquence plus générale qu'on peut tirer des différens faits que nous venons d'examiner, c'est que, quand une lame circulaire ne jouit pas des mêmes propriétés dans toutes les directions, ou, en d'autres termes, quand les parties qui la constituent ne sont pas arrangées symétriquement autour de son centre, les modes de division dont elle est susceptible affectent des positions déterminées par la structure même du corps; et que chaque mode de division, considéré en particulier, peut toujours, en subissant toutefois des altérations plus ou moins considérables, s'éta-

blir dans deux positions également déterminées, de sorte qu'on peut dire que, dans les lames circulaires hétérogènes, tous les modes de division sont doubles.

A l'aide de ces données, qui sont sans doute encore bien peu nombreuses et bien imparfaites, on peut, jusqu'à un certain point, se faire une idée de l'état élastique des corps cristallisés, en les soumettant au même mode d'exploration : c'est ce que nous avons tenté, pour le cristal de roche, dans une série d'expériences qui feront l'objet du § III de notre travail.

(*La suite dans le Cahier prochain.*)

---

## Sur *l'Acide hypo-sulfurique.*

Par le Dr Heeren.

(Extrait par le Dr Buff.)

L'Acide hypo-sulfurique, dont nous devons la découverte à MM. Gay-Lussac et Welter, a été étudié de nouveau par M. Heeren, dans un Mémoire dont nous nous proposons de donner ici un extrait succinct.

M. Heeren prépare cet acide de la manière déjà indiquée par M. Gay-Lussac et Welter, en mêlant avec de l'eau du peroxide de manganèse bien pulvérisé, et en y faisant passer un courant de gaz acide sulfureux. Mais pour en séparer l'oxide de manganèse et l'acide sulfurique qui se forme en même temps que l'acide hypo-sulfurique, il se sert du sulfure de baryum au lieu d'eau

de baryte, parce que celle-ci ne peut séparer complètement l'oxide de manganèse. Pour enlever l'excès de sulfure de baryum, il imprègne le liquide d'acide carbonique, le chauffe et le filtre. La dissolution suffisamment concentrée et refroidie présente des cristaux d'hypo-sulfate de baryte parfaitement purs. On les décompose par l'acide sulfurique, et l'on obtient l'acide hypo-sulfurique libre.

Pendant la formation de cet acide, il se produit toujours une partie plus ou moins grande d'acide sulfurique; la plus grande proportion de l'acide sulfurique à celle de l'acide hypo-sulfurique dans les expériences du Dr Heeren a été de 1 à 2,7; et la plus petite de 1 à 7,4. MM. Gay-Lussac et Welter, qui n'ont pas examiné la cause de ce phénomène, ont conjecturé cependant qu'elle pouvait être due à la présence du deutoxide de manganèse dans le peroxide. M. Heeren a fait plusieurs expériences à ce sujet, et il a reconnu qu'en effet l'acide sulfurique est produit en partie à cause de l'hydrate de deutoxide de manganèse, mais que la plus grande partie doit sa naissance au peroxide, et qu'il s'en forme lors même que le peroxide est parfaitement pur.

L'hydrate du deutoxide seul traité par l'acide sulfureux ne donne que peu d'hypo-sulfate, et il se produit sensiblement plus de sulfate de manganèse; mais puisqu'il faut l'excès d'oxigène de deux proportions de deutoxide pour former une proportion d'acide hypo-sulfurique, il est aisé de concevoir que la moitié du protoxide de manganèse formé doit se porter sur l'acide sulfureux; et c'est en effet ce qui est facile à constater,

car cet acide se fait sentir aussitôt qu'on verse quelques gouttes d'acide sulfurique dans la dissolution.

On obtient d'autant plus d'acide hypo-sulfurique, relativement à l'acide sulfurique qui se produit en même temps, que la température du liquide est plus basse, que le peroxide de manganèse contient moins de deutoxide, et qu'il est réduit en poudre plus fine.

Le Dr Heeren n'ose affirmer si la concentration de l'acide sulfureux a de l'influence sur la production de l'acide hypo-sulfurique, mais il a reconnu que l'acide sulfureux liquide anhydre n'a aucune action sur le peroxide de manganèse.

L'acide manganésique, traité par l'acide sulfureux, donne une certaine quantité d'acide hypo-sulfurique.

M. Heeren a examiné la composition et les propriétés de l'acide hypo-sulfurique, mais il n'a rien observé qui ne l'eût été déjà par MM. Welter et Gay-Lussac.

La partie la plus importante de son travail est l'examen des hypo-sulfates qui n'avaient été que peu étudiés avant lui.

Il prépare l'hypo-sulfate de potasse en précipitant une solution chaude d'hypo-sulfate de chaux par le carbonate de potasse; il l'obtient ainsi en fort beaux cristaux, dont la forme ressemble à celle des cristaux du sulfate de potasse. Une partie de ce sel se dissout dans 1,58 d'eau bouillante, et dans 26,5 à 16° c. Il est insoluble dans l'alcool, et possède une saveur amère; il ne renferme point d'eau de cristallisation, et n'est ni efflorescent, ni déliquescent.

L'hypo-sulfate de soude cristallise en grands et beaux prismes quadrangulaires qui sont limpides, invariables

dans l'air, et qui contient 15,54 pour cent d'eau, dont l'oxigène est double de celui de la base; il est soluble dans 1,1 parties d'eau bouillante, et dans 2,1 d'eau à la température de 16° ; insoluble dans l'alcool, d'une saveur singulière et amère.

L'hypo-sulfate d'ammoniaque s'obtient en décomposant l'hypo-sulfate de baryte par le sulfate d'ammoniaque; il ne cristallise que difficilement et en prismes si minces qu'il est impossible d'en déterminer la forme. Il se dissout dans une portion d'eau moindre que son propre poids; il est insoluble dans l'alcool; la saveur en est fraîche, comme celle du sulfate de soude; il ne s'altère pas dans l'air; mais, en élevant la température, il perd d'abord son eau sans fondre, puis il laisse dégager de l'acide sulfureux et une partie de son ammoniaque; le résidu fondu a une réaction acide. Pour déterminer la quantité d'eau, 1,034 gr. ont été traités avec un peu d'acide nitrique, neutralisés par l'ammoniaque, et précipités par du nitrate de plomb. On a obtenu 2,861 gr. de sulfate de plomb, qui correspondent à 0,8434 gr. d'hypo-sulfate d'ammoniaque exempt d'eau. D'après cette expérience, 100 parties du sel cristallisé renferment 18,44 d'eau, quantité proportionnelle à peu près à deux équivalens.

L'hypo-sulfate de baryte exige 1,1 parties d'eau bouillante, et 4,04 à la température de 18° c., pour se dissoudre. Il est insoluble dans l'alcool; sa saveur est amère et astringente; il ne s'altère pas à l'air; en le chauffant, il décrépite fortement. M. Heeren a remarqué que ce sel cristallise sous deux formes différentes, qu'il est impossible de réduire à la même forme primitive, quoi-

que la composition chimique reste évidemment la même. Il renferme, d'après l'analyse qu'il en a faite, 10,78 pour 100 d'eau, exactement la même quantité que MM. Gay-Lussac et Welter avaient trouvée.

On peut obtenir l'hypo-sulfate de baryte combiné à l'eau dans une autre proportion, si l'on en abandonne la dissolution à l'évaporation spontanée. Les cristaux obtenus de cette manière représentent des prismes quadrangulaires obliques, terminés par quatre facettes. Exposés à l'air, ils tombent en efflorescence et deviennent opaques sans perdre leur forme. On peut les conserver long-temps dans des vases humides. Ils contiennent 4 proportions ou 19,48 pour cent d'eau, dont ils perdent la moitié par l'efflorescence en se convertissant dans le sel précédent.

On se procure facilement l'hypo-sulfate de strontiane de la même manière que l'hypo-sulfate de baryte. Il se dissout dans 1,5 parties d'eau bouillante, et dans 4,5 parties d'eau à 16°. Insoluble dans l'alcool, invariable dans l'air; saveur amère. Il cristallise en grandes tables hexagones régulières, dont les bords sont à biseaux. D'après l'analyse que M. Heeren en a faite, il contient 22,10 pour cent d'eau ou 4 proportions.

L'hypo-sulfate de chaux s'obtient comme le sel précédent, avec lequel il a, par la forme de ses cristaux, la plus grande ressemblance. Il renferme, comme lui, 4 proportions d'eau, c'est-à-dire, 26,24 pour cent. Il faut, pour le dissoudre, 0,8 d'eau bouillante, et 2,46 à 19°. Quoique insoluble dans l'alcool, il paraît lui céder une partie de son eau. Sa saveur est purement amère.

L'hypo-sulfate de magnésie a été préparé en décomposant le sulfate par l'hypo-sulfate de baryte. Il se présente en prismes hexagones qui ne sont ni efflorescens, ni déliquescens, et dont la saveur est d'une amertume extrême. Ces cristaux, après avoir été exposés à une température élevée, se fondent dans leur eau de cristallisation. Pour les dissoudre, il faut 0,85 parties d'eau à 13°. 1,263 gr. du sel bien desséché ont laissé 0,515 gr. de sulfate de magnésie; d'où il suit que l'hypo-sulfate contient 37,69 pour cent ou 6 proportions d'eau de cristallisation.

On se procure l'hypo-sulfate d'alumine comme celui de magnésie, en introduisant de l'hypo-sulfate de baryte dans une dissolution de sulfate d'alumine. La liqueur a été concentrée par une chaleur douce et desséchée dans le vide à l'aide de l'acide sulfurique. Néanmoins le sel obtenu précipitait le chlorure de barium. D'après cette expérience, il paraît que ce sel ne peut exister privé de son eau. Si on l'abandonne à l'évaporation spontanée, on en obtient des cristaux très-minces.

En dissolvant le carbonate de protoxide de cérium dans l'acide hypo-sulfurique, et en abandonnant la dissolution à l'évaporation spontanée, il se forme de petits prismes quadrangulaires d'hypo-sulfate de protoxide de cérium, qui sont incolores et inaltérables dans l'air.

L'hypo-sulfate de protoxide de fer cristallise en prismes quadragulaires obliques, qui, exposés à l'air, en attirent peu à peu l'oxigène; cependant ils ne sont ni déliquescens, ni efflorescens; ils sont facilement so-

lubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool, et ont la saveur ainsi que la couleur du sulfate de protoxide de fer. 0,993 gr. étant calcinés se convertissent en 0,487 gr. de sulfate de fer ; d'où il suit que 100 parties renferment 30,04 d'eau, ce qui répond à 5 proportions. Ce sel s'obtient par la double décomposition du sulfate de protoxide par l'hypo-sulfate de baryte.

L'hydrate de peroxide de fer, même récemment précipité, ne se dissout qu'en petite quantité dans un excès d'acide hypo-sulfurique ; mais, par leur contact, il se forme un sel basique insoluble et en poudre si fine qu'on parvient à peine à la recueillir sur le filtre. 0,509 gr. de cette substance, digérés avec l'acide nitro-muriatique et précipités par le muriate de baryte, ont donné 0,133 gr. de sulfate de baryte. Pour déterminer la quantité de peroxide de fer, l'excès de baryte a été séparé par l'acide sulfurique, et la liqueur restante mêlée avec du carbonate de soude ; le peroxide obtenu pesait 0,356 ; par conséquent 100 parties de ce sel basique contiennent 69,99 de peroxide de fer ; 8,25 d'acide ; 21,76 d'eau.

L'hypo-sulfate de zinc est produit comme celui de protoxide de fer. Ses cristaux, dont il a été impossible de déterminer la forme, sont invariables dans l'air, très-solubles dans l'eau, et renferment 32,24 pour cent, ou 6 proportions d'eau. La saveur en est astringente.

L'acide hypo-sulfurique dissout le carbonate de cadmium. Le sel qui se forme est cristallisable, très-soluble et déliquescent ; sa saveur est astringente. Il contient, ainsi que le sel précédent, de l'eau de cristallisation ; mais M. Heeren n'en a pas déterminé la quantité.

Avec l'oxide de plomb, l'acide hypo-sulfurique se combine en trois proportions.

Le sel neutre s'obtient en traitant le carbonate de plomb par l'acide hypo-sulfurique. Il est très-soluble, et jouit d'une saveur très-douce, mais un peu astringente. Il cristallise à peu près comme les hypo-sulfates de chaux et de strontiane. 1,064 gr. se convertissent en 0,738 de sulfate de plomb; d'où il est aisé de conclure que 100 parties contiennent 15,95 d'eau ou 4 proportions.

En versant dans une dissolution de ce sel de l'ammoniaque caustique, mais en moindre quantité qu'il n'est nécessaire pour précipiter tout le plomb, il se dépose des cristaux très-minces d'un sel basique peu soluble dans l'eau. En traitant ces cristaux avec un excès d'ammoniaque, ils se changent en une poudre fine, encore moins soluble. Ces deux sels basiques, exposés à l'air, en attirent l'acide carbonique. M. Heeren considère le premier comme une combinaison d'une proportion d'acide avec deux proportions d'oxide de plomb et deux proportions d'eau; l'autre, comme formé d'une proportion d'acide, dix proportions d'oxide, et 25 proportions d'eau.

L'hypo-sulfate de cuivre, préparé comme celui de fer, se dissout facilement dans l'eau, mais pas du tout dans l'alcool. En le chauffant, il décrépite, et exposé à l'air, il finit par tomber en efflorescence. Il se présente ordinairement en prismes quadrangulaires. 1,021 gr. laissent après la calcination 0,538 gr. de sulfate de cuivre, par conséquent 100 parties renferment 25,47 = 4 proportions d'eau. Si l'on traite la dissolution par une petite portion d'ammoniaque, il se sépare un sel avec

excès de base à peine soluble dans l'eau, d'une couleur verte bleuâtre ; exposé à l'air, il n'en attire point l'acide carbonique. En le chauffant, il prend d'abord une couleur verte, puis jaune d'ocre ; après avoir été calciné, il se dissout avec une couleur bleuâtre dans les acides muriatique, nitrique et sulfurique, de même que dans l'ammoniaque caustique. Il ne se dissout plus dans l'eau, mais il se combine avec elle en changeant sa couleur en bleu, si l'eau est froide, et en vert-bleuâtre, si elle est chaude. Ce sel basique est composé, en prenant la moyenne de trois analyses, de

| | | |
|---|---|---|
| Oxide de cuivre. ........ | 60,36 | 4 prop. |
| Acide hypo-sulfurique... | 27,35 | 1 |
| Eau. ................... | 12,29 | 4 |
| | 100,00. | |

En mêlant une dissolution, *même étendue*, d'hypo-sulfate de cuivre, avec un excès d'ammoniaque assez grand pour que le précipité formé d'abord puisse se redissoudre, il paraît en peu de temps des cristaux minces, inaltérables dans l'air, d'une couleur bleue superbe, qu'à la loupe on reconnaît pour des tables quadrangulaires ; cette substance est presque insoluble dans l'eau. D'après l'analyse que M. Heeren en a faite, elle est composée d'une proportion d'oxide, d'une proportion d'acide, et de deux proportions d'ammoniaque.

L'hypo-sulfate de cobalt est d'une couleur rosée, très-soluble dans l'eau, invariable dans l'air ; il contient 32,54 pour 100 d'eau de cristallisation ou 6 proportions.

L'hypo-sulfate d'argent se présente en prismes octa-

gones. On l'obtient en traitant le carbonate d'argent par l'acide hypo-sulfurique. A une température de 16°, il se dissout dans deux parties d'eau; il est inaltérable dans l'air. 0,7 20 gr. dissous dans l'eau et précipités par l'acide muriatique, ont donné 0,500 gr. de chlorure d'argent : par conséquent 100 parties contiennent 8,95 pour 100 ou deux proportions d'eau.

Ce sel se combine aussi à l'ammoniaque. La combinaison est peu soluble et facile à obtenir en cristaux.

---

## Mémoire *sur la proportion des naissances des filles et des garçons.*

Par M. Poisson.

(Lu à l'Académie des Sciences le 8 février 1829.)

(Extrait.)

En considérant les naissances des deux sexes pendant six années consécutives, soit dans la France entière, soit dans la partie la plus méridionale du royaume, j'ai remarqué, il y a déjà quatre ans :

1° Que le rapport des naissances des garçons à celles des filles est $\frac{16}{15}$, au lieu de $\frac{22}{21}$, comme on le croyait auparavant;

2° Que ce rapport est à très-peu près le même pour le midi de la France et pour la France entière, en sorte qu'il paraît indépendant de la variation du climat, du moins dans l'étendue de notre pays;

3° Que sa valeur, parmi les enfans nés hors de mariage, est sensiblement moindre que pour les enfans légitimes, et égale à $\frac{21}{20}$.

Ces résultats ont été insérés pour la première fois dans l'*Annuaire* du Bureau des longitudes de l'année 1823, et depuis cette époque, on les a vérifiés sur des nombres de naissances de plus en plus considérables. Voici le rapport des naissances des garçons à celles des filles, pour chacune des dix années écoulées depuis 1817 jusqu'à 1826, et pour la France entière, en ayant égard à toutes les naissances, légitimes ou hors de mariage :

| | | |
|---|---|---|
| Pour | 1817 .......... | 1,0720 ; |
| | 1818 .......... | 1,0644 ; |
| | 1819 .......... | 1,0642 ; |
| | 1820 .......... | 1,0642 ; |
| | 1821 .......... | 1,0685 ; |
| | 1822 .......... | 1,0628 ; |
| | 1823 .......... | 1,0621 ; |
| | 1824 .......... | 1,0659 ; |
| | 1825 .......... | 1,0703 ; |
| | 1826 .......... | 1,0614. |
| | Moyenne..... | 1,0656. |

Sa valeur moyenne résulte d'à peu près dix millions de naissances. Elle diffère d'environ un deux-centième, en plus ou en moins, des valeurs extrêmes qui répondent à 1817 et 1826. La valeur moyenne du même rapport pour les trente départemens les plus méridionaux du royaume est 1,0665, qui ne s'écarte que d'un

millième de celle qui a lieu pour la France entière. Mais, si l'on considère isolément les naissances annuelles de chacun des quatre-vingt-six départemens, on trouve que le rapport dont il s'agit varie dans la même année, d'un département à un autre, et, pour un même département, d'une année à la suivante, de telle sorte qu'il est arrivé quelquefois que les naissances des filles ont surpassé celles des garçons.

Relativement aux enfans naturels, leur nombre, dans la France entière, s'est élevé à près de sept cent mille pendant les dix années que nous considérons, et, dans ce nombre, le rapport des naissances masculines aux naissances féminines a été 1,0484. La fraction 0,0172, dont cette quantité s'écarte du rapport général 1,0656, n'est pas assez petite et les nombres employés sont trop grands pour qu'on puisse attribuer cette différence au hasard; et, quelque singulier que cela paraisse, on est fondé à croire qu'il existe, à l'égard des enfans naturels, une cause quelconque qui diminue la prépondérance des naissances des garçons sur celles des filles. Cette influence se fait même sentir sur les naissances annuelles, ainsi qu'on peut s'en assurer, en calculant, pour chacune des dix années comprises depuis 1817 jusqu'à 1826, le rapport des naissances des deux sexes, abstraction faite des enfans nés hors de mariage. On trouve alors :

| | | |
|---|---|---|
| Pour 1817 | ......... | 1,0743 ; |
| 1818 | ......... | 1,0644 ; |
| 1819 | ......... | 1,0650 ; |
| 1820 | ......... | 1,0656 ; |
| 1821 | ......... | 1,0699 ; |
| 1822 | ......... | 1,0628 ; |
| 1823 | ......... | 1,0629 ; |
| 1824 | ......... | 1,0680 ; |
| 1825 | ......... | 1,0727 ; |
| 1826 | ......... | 1,0659 ; |
| Moyenne | ..... | 1,0671 ; |

et si l'on compare les rapports précédens à ces nouvelles valeurs ; on voit que, excepté celui qui répond à 1818 et qui n'a pas changé, tous les autres ont un peu augmenté.

La proportion des naissances des deux sexes n'est pas non plus la même à Paris et dans les départemens, soit parmi les enfans légitimes, soit parmi ceux qui sont nés hors de mariage. Pendant les treize années écoulées depuis 1815 jusqu'à 1827, il est né à Paris environ 215,000 enfans légitimes, et le rapport des naissances masculines aux naissances féminines a été 1,0408, ou environ $\frac{26}{25}$, au lieu de $\frac{16}{15}$ qui répond à la France entière. Il est né dans cette ville, et dans le même intervalle de temps, à peu près 122,000 enfans naturels, parmi lesquels le rapport du nombre des garçons à celui des filles a été 1,0345, ou environ $\frac{30}{29}$, au lieu de $\frac{21}{20}$, qui a lieu pour cette classe d'enfans dans le reste de la France. Il est donc présumable qu'il existe aussi dans une grande capitale comme Paris, une cause particulière qui di-

minue la prépondérance des naissances des garçons sur celles des filles, et qui agit à la fois sur les enfans légitimes et sur les enfans naturels.

Notre esprit est naturellement porté à admettre les résultats de l'expérience avec d'autant plus de confiance qu'ils sont déduits d'un plus grand nombre d'observations ; mais, si nous voulons en apprécier la probabilité et connaître celle de leur reproduction future, nous sommes obligés de recourir aux méthodes que l'analyse mathématique fournit pour cet objet : le perfectionnement de ces méthodes, en général, et leur application aux faits que je viens de citer, sont l'objet du Mémoire que j'ai présenté à l'Académie, et qui fera partie de son 9me volume, actuellement sous presse.

Ce Mémoire est divisé en deux paragraphes. Dans le premier, on considère la répétition d'un événement simple, dont la probabilité est donnée *à priori*, et l'on parvient d'une manière nouvelle, à quelques égards, au fameux théorème de Jacques Bernouilli, d'après lequel, sur un très-grand nombre d'épreuves, les événemens arrivent proportionnellement à leurs probabilités respectives, avec une précision qui s'accroît sans limite à mesure que leur nombre augmente. Le second paragraphe est relatif aux probabilités des événemens simples et des événemens futurs, déterminées d'après les événemens observés. Cette partie du calcul des hasards est l'inverse de celle qui fait l'objet du premier paragraphe ; les applications en sont les plus utiles et les plus fréquentes ; car le plus souvent nous ignorons la probabilité des événemens simples, et nous devons la

déduire des faits que nous observons, pour en conclure ensuite la probabilté des événemens futurs. Mais il y a une différence essentielle entre la probabilité d'un événement simple qui nous est quelquefois donnée par hypothèse, et celle que nous pouvons connaître par l'observation : relativement à celle-ci, si elle est susceptible, *à priori*, de tous les degrés possibles, depuis zéro jusqu'à la certitude, nous ne pouvons jamais déterminer que des limites entre lesquelles elle est comprise, qui se resserrent de plus en plus, ou deviennent de plus en plus probables, à mesure que nous employons un plus grand nombre d'observations ; mais il faudrait que ce nombre fût infini pour que la probabilité que nous en déduisons eût une valeur certaine. Il en résulte que la probabilité du nombre de fois qu'un événement arrivera sur un très-grand nombre d'épreuves ne sera pas la même, selon que sa chance nous sera donnée par hypothèse, ou que nous en aurons déterminé, par l'expérience, des limites aussi resserrées qu'on voudra. On avait, en effet, déjà remarqué que les formules relatives au premier cas ne s'appliquent pas au second, si ce n'est lorsque le nombre des événemens futurs est très-petit par rapport à celui des événemens passés. Pour compléter cette importante partie du calcul des hasards, il restait donc à trouver des formules qui convinssent au second cas, et qui fussent encore applicables quand le nombre des événemens futurs est comparable à celui des épreuves qui ont fait connaître les limites de la probabilité simple. On verra dans ce Mémoire comment il a fallu, pour les obtenir, modifier les formules ordinaires qui se rapportent au

cas où la valeur de cette probabilité est donnée avec certitude.

Les limites de probabilité des événemens simples que l'on détermine par le calcul et l'observation, ne font pas connaître si la chance de l'un de ces événemens surpasse celle d'une autre, d'une quantité égale ou supérieure à une fraction donnée, et quelle est la probabilité de cette différence. Cependant la comparaison des chances respectives de plusieurs événemens, ou d'un même événement à des époques différentes, est une question intéressante et susceptible de nombreuses applications. On en trouvera la solution dans mon Mémoire. En appliquant cette solution aux naissances des deux sexes qui ont eu lieu en France pendant chacune des années 1817 et 1826, pour lesquelles, d'après les tableaux ci-dessus, la proportion de ces naissances a présenté le plus de divergence, on en conclut, avec une grande probabilité, que la chance d'une naissance masculine a été plus considérable dans la première année que dans la seconde, et que néanmoins il n'y a pas plus d'un contre un à parier que la différence ait excédé deux millièmes. Ainsi, dans notre pays et à l'époque actuelle, la probabilité de la naissance d'un garçon, pour chaque année entière, est à peu près constante et comprise entre des limites qui s'écartent peu de 0,5159, ou d'environ $\frac{16}{15}$. L'expérience seule peut nous apprendre si elle variera davantage par la suite, et si elle est la même dans les différentes saisons et chez les autres peuples. Nous savons déjà qu'elle n'est pas indépendante de l'état de la société, puisque le nombre

des enfans qui naissent hors le mariage influe sur la proportion des filles et des garçons.

Depuis que Pascal a donné les premiers exemples du calcul des hasards, ce calcul a été l'objet des travaux d'un grand nombre de géomètres, et le sujet des considérations les plus ingénieuses, soit pour former et résoudre les équations qui s'y rapportent, soit pour convertir en nombres les formules auxquelles il conduit dans la plupart de ses applications. Si j'ai ajouté quelque chose à la partie de ce calcul qui lie, sans que leurs causes soient connues, les événemens futurs aux événemens passés, je le dois à la puissance de l'analyse que j'ai employée, et dont j'ai puisé le principe dans *la Théorie analytique des probabilités;* ouvrage aussi éminemment remarquable par la variété des questions qui y sont traitées, que par la généralité de méthodes que Laplace a imaginées pour les résoudre.

*N. B.* Depuis la lecture de ce Mémoire, j'y ai ajouté un 3me paragraphe, dans lequel la proportion des naissances annuelles des deux sexes dans un pays d'une grande étendue est envisagée comme le résultat moyen des observations de plusieurs années dont il s'agit de déterminer les limites et leur probabilité.

---

## De *l'Action de l'acide hydro-sulfurique sur les dissolutions de mercure.*

Par M. Henri Rose.

On sait que, lorsqu'on fait passer un courant d'acide hydro-sulfurique dans une dissolution de mercure, il se forme d'abord un précipité blanc qui finit par de-

venir noir en se changeant en sulfure. Les opinions sont partagées sur la nature de ce précipité blanc, mais la plus vraisemblable est celle de Guibourt, qui considère le précipité formé dans le perchlorure de mercure par l'acide hydro-sulfurique, comme une combinaison de mercure avec le chlore et le soufre, un chloro-sulfure de mercure (*Ann. de Phys.*, t. 1, p. 426) (1). M. Rose a fait l'analyse de plusieurs de ces précipités, et il a trouvé qu'ils étaient formés de sulfure de mercure et de sel mercuriel dans un rapport déterminé.

Le précipité blanc obtenu avec le perchlorure de mercure, ce dernier étant en excès, est formé de

| | |
|---|---|
| Mercure..... | 81,80; |
| Chlore...... | 9,53; |
| Soufre...... | 8,67; |

ou de 1 atome de chlorure de mercure et 2 atomes de sulfure de mercure.

Ce composé, préparé en faisant passer de l'acide hydro-sulfurique dans une dissolution de perchlorure de mercure, reste long-temps en suspension, et forme une émulsion, qu'on ne peut filtrer que difficilement. Il vaut mieux faire bouillir du sulfure noir de mercure *humide* avec un excès de perchlorure de mercure. En peu de temps la combinaison s'opère; mais il faut la laisser quelque temps pour qu'elle se filtre bien. L'affinité du sulfure pour le chlorure est si grande,

(1) M. Gay-Lussac, qui a signalé ce genre de combinaisons dans son Mémoire sur l'acide prussique, a annoncé que le précipité obtenu en décomposant le perchlorure de mercure par la potasse est une combinaison triple de chlore, d'oxigène et de mercure, ou une combinaison binaire de l'oxide de mercure avec le chlorure de ce métal.

qu'en faisant bouillir un excès du mercure avec une dissolution même très-affaiblie du second, il ne reste rien dans la liqueur.

Le précipité blanc se laisse dessécher parfaitement ; exposé dans un tube à la chaleur, il est décomposé, et on obtient un sublimé de perchlorure de mercure ; le sulfure de mercure se volatilise un peu plus tard ; pour que la séparation de ces deux produits soit plus complète, il est nécessaire de ne pas chauffer trop brusquement. Le précipité blanc est insoluble dans les acides, même concentrés ; mais il est vivement attaqué par l'eau régale. Chauffé dans un tube traversé par du chlore, on obtient d'abord du chlorure de soufre, et ensuite du perchlorure de mercure. Les alcalis caustiques le rendent peu à peu noir, même lorsqu'ils sont carbonatés ; il se forme un chlorure alcalin, et l'oxigène de l'alcali prend la place du chlore ; mais l'oxide de mercure reste à l'état de mélange avec le sulfure. L'analyse en a été faite en le décomposant par l'acide hydro-sulfurique, qui le couvertit entièrement en sulfure et en acide hydro-chlorique ; le sulfure a été complètement oxidé, et la liqueur précpitée par le chlorure de barium ; l'acide hydro-chlorique, après avoir été séparé, au moyen du sulfate de cuivre, de l'acide hydro-sulfurique qu'il contenait, a été précipité par le nitrate d'argent.

Des phénomènes analogues ont lieu avec le perbromure, le periodure et le perfluorure de mercure.

Le composé de bromure et de sulfure de mercure a été obtenu en faisant digérer le sulfure de mercure humide dans une dissolution de perbromure. Il est d'un blanc un peu jaunâtre ; la châleur le décompose en bro-

mure de mercure, qui se volatilise le premier, et en sulfure de mercure, qui se sublime après. Il est composé de 1 atome de perbromure et de 2 atomes de sulfure de mercure.

Le periodure de mercure, traité par l'acide hydro-sulfurique donne un composé analogue. On obtient un précipité jaune, qui reste en suspension et se laisse séparer aisément de l'iodure en excès ; la chaleur le décompose en periodure et en sulfure de mercure.

Le perfluorure de mercure se comporte de la même manière avec l'acide hydro-sulfurique. En traitant par cet acide une dissolution de peroxide de mercure dans l'acide hydro-fluorique en excès, on obtient un précipité blanc qui se laisse bien laver à froid sur un entonnoir de platine. En le desséchant suffisamment pour lui enlever toute son eau, il prend une teinte jaunâtre, qu'il perd en reprenant de l'humidité. Il se distingue essentiellement des composés analogues qu'on vient de décrire, en ce qu'il est décomposé par l'eau bouillante ; il reste du sulfure noir de mercure, et l'eau tient en dissolution du perfluorure de mercure, qui se décompose cependant partiellement en se dissolvant. Exposé à la chaleur dans un tube de verre, il donne du mercure, du gaz fluosilicique et du cinabre. L'acide sulfurique concentré en dégage de l'acide hydro-fluorique au moyen de la chaleur, et le sulfate de mercure produit se combine avec le sulfure de mercure. A froid, les dissolutions alcalines le rendent rouge ; mais à chaud, elles le rendent noir. Il est composé de deux atomes de sulfure de mercure et de un atome de perfluorure de mercure. On peut préparer ce com-

posé en traitant une dissolution de mercure dans l'acide hydro-fluosilicique par l'acide hydro-sulfurique, ou par le sulfure de mercure humide.

Les dissolutions du mercure dans les oxacides se comportent avec l'acide hydro-sulfurique, comme les combinaisons du mercure avec le chlore, le brome et l'iode; mais les précipités blancs que l'on obtient se déposent et se laissent mieux filtrer que les précipités formés par ces derniers composés. Ils sont formés de sulfure de mercure et du sel de mercure employé; mais on n'a déterminé les proportions que du précipité formé par l'acide hydro-sulfurique dans le nitrate de peroxide de mercure.

Ce précipité est blanc, mais il tire un peu au jaune par des lavages trop multipliés. La chaleur le décompose; on obtient du mercure, peu de sulfure de mercure, des vapeurs nitreuses et de l'acide sulfurique. L'acide sulfurique concentré est sans action sur lui, même au moyen de l'ébullition. Les alcalis le rendent jaune à froid, puis peu à peu noir; à chaud, il devient noir instantanément.

L'analyse démontre qu'il est composé de deux atomes de sulfure de mercure et d'un atome de nitrate de peroxide neutre et anhydre; savoir de

| | |
|---|---|
| Sulfure de mercure............... | 58,95; |
| Nitrate de peroxide de mercure... | 41,05; |
| | 100,00; |

ou de

| | |
|---|---|
| Mercure......... | 76,30; |
| Oxigène.... ... | 2,01; |
| Acide nitrique... | 13,61; |
| Soufre......... | 8,08. |
| | 100,00. |

Cette combinaison est encore remarquable en ce qu'elle contient du nitrate neutre et anhydre de peroxide de mercure, que M. Mitscherlich jeune n'a pu obtenir à l'état solide. Le sulfate et l'acétate de peroxide de mercure ont donné avec le sulfure de mercure des composés blancs ; mais le cyanure de mercure fait exception ; car la moindre quantité d'hydrogène sulfuré donne un précipité noir. On ne peut combiner l'oxide de mercure avec le sulfure de mercure, ni celui-ci avec les oxides ou les chlorures des autres métaux.

(*Annalen der Physik*, XIII. 59.)

---

## RECHERCHES *sur les métaux qui accompagnent le platine, et sur la méthode d'analyser les alliages natifs ou les minerais de platine.*

PAR J. J. BERZELIUS.

(Traduit de l'allemand par AUGUSTE STROMAYER.)

LES anciens chimistes prenaient tous les métaux contenus dans le sable platinifère, excepté l'or, pour du platine, jusqu'au moment où Collet-Descostils fit connaître deux substances nouvelles ; un sublimé bleu, qu'il obtint en chauffant le platine au contact de l'air, et la matière colorant en rouge le muriate ammoniacal de platine, qu'il attribua à la présence d'un métal (1) nouveau auquel il ne donne aucun nom particulier.

---

(1) *Annales de Chimie*, t. XLVIII, p. 153.

Pendant que Collet-Descotils était encore occupé de ses expériences, Fourcroy et Vauquelin (1), instruits de son travail, commencèrent des recherches semblables, et découvrirent plusieurs propriétés de ce nouveau métal, qu'ils nommèrent *ptène*; mais ils confondirent, comme Collet-Descostils, sous ce nom, tous les métaux inconnus qui accompagnent le platine. Wollaston découvrit (2) peu de temps après le palladium, et plus tard le rhodium, et montra la manière d'obtenir ces métaux de la partie du sable platinifère qui se dissout dans l'eau régale. Tennant (3), en s'occupant de la partie de mine de platine insoluble dans l'eau régale, trouva presqu'en même temps l'iridium et l'osmium, et l'on voit à présent que c'étaient principalement ces métaux qui avaient produit les phénomènes observés par les chimistes français dans leurs expériences.

Quoique ces recherches eussent fourni des méthodes de séparer et de purifier chacun des nouveaux métaux contenus dans la mine de platine, cependant elles n'étaient pas applicables à l'analyse du sable platinifère; car, comme on le verra par la suite, les propriétés de ces métaux avaient été trop peu étudiées pour qu'on pût en déduire une méthode exacte d'analyse; aussi ne voit-on pas sans étonnement que, parmi le grand nombre d'analyses de minéraux plus ou moins intéressantes, faites par les chimistes, il n'a pas été fait une seule tentative

(1) *Annales de Chimie*, t. XLVIII, p. 177; t. XLIX, p. 188-219, et t. L, p. 5.

(2) *Philosoph. Transact.*, s. 1804, p. 419-426.

(3) *Philosoph. Transact.*, s. 1804, p. 412.

pour déterminer la composition quantitative du sable platinifère.

Comme on a trouvé depuis quatre ans le platine dans le sable aurifère de l'Oural, et en telle quantité que l'exportation paraît en devenir avantageuse, on a proposé de déterminer la richesse de ce minerai de platine, comparativement à celle du platine du Brésil, et de rechercher les proportions de ses principes. La différence des résultats qu'ont obtenus d'abord quelques ingénieurs des mines en Russie, et plus tard M. Laugier, et récemment M. Osann, montre évidemment qu'on ne connaît pas encore assez ces métaux pour obtenir une analyse exacte. Le gouvernement russe a envoyé à plusieurs chimistes en Europe des échantillons de minerais de platine de Sibérie, en les priant de les analyser. Le travail dont je présente ici le résultat à l'Académie royale doit son origine à une invitation pareille, que j'ai acceptée avec d'autant plus de plaisir, que ce genre d'expériences était entièrement nouveau pour moi ; mais j'avoue n'avoir pas cru qu'un travail aussi étendu serait nécessaire pour arriver à quelque précision. Dans mes premières tentatives, je m'aperçus bientôt que j'étais au dessous de mon sujet ; j'observai des phénomènes pour l'explication desquels je manquais de tout guide, et il me fut ainsi impossible de décider laquelle des méthodes indiquées jusqu'à présent serait préférable. C'est ce qui m'a déterminé à étudier séparément la nature de ces divers métaux, pour pouvoir choisir, à l'aide des connaissances obtenues, les meilleures méthodes pour les séparer les uns des autres.

### 1. *Rhodium.*

Excepté les premières expériences de Wollaston, je n'en connais pas d'autres sur ce métal, que celles que j'ai publiées il y a quinze ans dans les *Annals of Philophy*, t. III, p. 252 de Thomson; mais elles contiennent, comme je viens de le prouver, quelques erreurs, principalement sur le chlorure et le poids atomistique de ce métal : pour connaître plus exactement les combinaisons du rhodium, il est nécessaire de déterminer le poids de son atome, et de chercher dans quelle proportion ce métal se combine avec le chlore et l'oxigène.

### *Poids atomistique et Chlorure du Rhodium.*

Les sels rouges de rhodium n'ayant jamais été analysés, je résolus d'en déterminer la composition, surtout m'en promettant des données plus sûres pour calculer le poids de son atome que celles que j'avais obtenues dans mes expériences antérieures. La difficulté était seulement d'obtenir ces sels d'une portion de rhodium métallique qui, comme on le sait, est insoluble dans l'eau régale, et l'oxide obtenu par la voie sèche ne pouvant les former. Cependant je réussis de la manière suivante : je mêlai du rhodium métallique porphyrisé avec du chlorure de potassium ou avec du chlorure de sodium; je les broyai ensemble très-intimement, et je chauffai le mélange dans un courant de chlore. Pour cela, on l'introduisit dans une boule de verre soufflée sur un tube barométrique, et on y fit passer du chlore pendant qu'elle était chauffée avec la lampe à esprit-de-vin. La combinaison se fit au mieux, en chauffant à une douce chaleur rouge

le fond de la boule. Comme on ne pouvait pas distinguer quand le rhodium n'absorberait plus de chlore, j'entretins l'expérience pendant quelques heures : néanmoins les parties métalliques, qui n'étaient pas bien broyées, restèrent sans être attaquées.

La masse saline refroidie était agglomérée et rouge ; elle fut dissoute dans très-peu d'eau chaude, filtrée et précipitée par l'alcool ; le précipité rouge fut jeté sur un filtre, et lavé avec de l'alcool de 0,84 de densité, pour enlever tout le chlorure de potassium ou de sodium en excès. L'alcool retint toujours un peu de sel en dissolution, quoiqu'il paraisse y être insoluble, une fois qu'il s'est déposé à l'état solide. En distillant la solution alcoolique, la plus grande partie du rhodium fut réduite en métal.

*Sel de sodium.* Ce sel fond dans son eau de cristallisation ; il fut séché sur le bain de sable jusqu'à ce qu'il formât une masse sèche ; pendant cette opération, il perdit 30 pour cent de son poids. Pour chasser les dernières parties de l'eau, on l'introduisit dans une petite boule soufflée sur un tube barométrique et d'un poids connu, et on l'y chauffa presque jusqu'au rouge en faisant passer continuellement du chlore, tant que celui-ci enlevait encore des traces d'humidité. Le sel ayant été pesé exactement, l'analyse fut faite en faisant passer un courant d'hydrogène par la boule. Ce gaz, qui avait été préparé par le zinc ordinaire, pouvait contenir de l'hydrogène arsenié ; on le fit passer d'abord, pour l'en priver, dans un vase où se trouvait un morceau de linge plié et mouillé avec une dissolution concentrée de sublimé corrosif, et ensuite sur le chlorure

de calcium. La boule ayant été chauffée avec la lampe à esprit-de-vin, le sel se réduisit très-promptement; il se dégagea de l'acide muriatique, et le métal se trouva réduit. L'expérience fut continuée jusqu'à ce que l'hydrogène sortant, mis en contact avec un bouchon mouillé avec l'ammoniaque, ou introduit dans un flacon contenant un peu de cet alcali, ne montrât plus les moindres indices de vapeurs de muriate d'ammoniaque.

Après le refroidissement de l'appareil, l'hydrogène resté avait formé, par l'influence du métal réduit, avec l'air introduit, un peu d'eau. Pour la chasser, on fit passer par la boule, en la chauffant doucement, un courant d'air sec, qui entraîna l'eau formée. Alors, on détermina la perte en poids qui représentait le chlore uni au rhodium.

On fit ensuite dissoudre le sel dans l'eau, et on jeta le métal sur un filtre très-petit et pesé, dont le poids des cendres était connu. On le lava long-temps à l'eau chaude, jusqu'à ce que les eaux de lavage, en en évaporant une goutte sur une spatule de platine poli, ne laissassent plus de tache; on sécha le métal avec le filtre, on le mit dans un petit creuset de platine très-léger, et on calcina jusqu'à l'incinération complète du filtre. Alors, on ferma le creuset avec un couvercle, par lequel on pouvait introduire de l'hydrogène, et enfin on chauffa le métal dans un courant d'hydrogène jusqu'à une douce chaleur rouge.

Le métal étant refroidi jusqu'au point de ne pouvoir plus s'oxider, on ôta le couvercle; on fit sortir l'hydrogène restant pendant que le métal était encore assez

chaud pour ne pouvoir absorber de l'eau, et ensuite on le pesa.

La solution saline, séparée du métal, fut évaporée à sec dans un creuset de platine jusqu'à chasser complètement l'eau de décrépitation, et ensuite pesée. Comme dans la suite plusieurs analyses ont été faites de la même manière, j'en ai décrit ici les détails une fois pour toutes. La seule différence qu'il y ait à faire remarquer, c'est que la quantité du sel et du métal étant toujours égale à celle du mélange réduit dans l'hydrogène, on n'a déterminé quelquefois que le poids du métal, et on a calculé celui du sel par soustraction.

1) 0,434 gr. de sel de sodium anhydre ont perdu, par la réduction, 0,118 gr. de chlore. La masse restante a donné 0,117 gr. de rhodium et 0,199 de sel marin.

2) 0,415 gr. ont donné 0,114 gr. de chlore, 0,113 gr. de rhodium, et 0,188 gr. de sel marin.

3) 1,204 ont donné 0,3325 gr. de chlore. Le résidu a été employé pour un autre but.

Quoique ces analyses soient faites avec des quantités trop petites pour déterminer le poids de l'atome du rhodium avec une exatitude complète, cependant elles sont propres à donner la quantité relative du chlore dans le sel de soude et le sel de rhodium. Elle est égale dans tous les deux; car, d'après la première expérience, 0,199 de sel marin contiennent 0,120 de chlore et les 0,117 de rhodium en ont perdu 0,118 en se réduisant; d'où il suit que ce sel est composé d'un atome de chlorure de sodium, et d'un de chlorure de rhodium. Dans

le sel de potassium, l'analyse montre une proportion différente.

*Sel de potassium.* Ce sel fut préparé comme le précédent, et séparé du chlorure de potassium en excès par des lavages à l'alcool.

1) 3,146 gr. du sel chauffés dans le chlore presque jusqu'au rouge, ont perdu, par la réduction par l'hydrogène, 0,930 gr. de chlore; le résidu salin a fourni 0,912 de rhodium, et 1,304 de chlorure de potassium.

2) 1,3 gr. du sel anhydre ont perdu, par la réduction, 0,3635 de chlore, et ont laissé 0,358 de rhodium, et 0,515 de chlorure de potassium.

On trouve facilement que les poids du chlore et du rhodium sont ici dans le même rapport que dans le sel de sodium, mais que le rhodium contient une fois et demie autant de chlore que le sel de potassium, car 1,304 de chlorure de potassium contiennent 0,619 de chlore et $619 \times 1\frac{1}{2} = 0{,}9285$. Ce rapport entre la quantité de chlore des deux sels simples s'accorde difficilement avec la supposition que le sel de rhodium contiendrait un nombre d'atomes égal à celui du sel de potassium; mais il paraît, au contraire, démontrer que le premier est composé de trois atomes de chlore, et d'un ou deux atomes de rhodium. Nous verrons plus loin que le rhodium forme un proto-chlorure, où le métal n'est combiné qu'avec les $\frac{2}{3}$ de chlore que contient ce sel, et cela justifie la conclusion, que le rhodium est allié dans le proto-chlorure avec *deux*, et dans les sels doubles rouges avec *trois* atomes de chlore. Si on calcule le poids atomistique du rhodium d'après les analyses du sel de potassium, on obtient 651,12 d'après la pro-

portion entre le chlore et le rhodium dans la première expérience, et 652,27 d'après celle du rhodium au chlorure de potassium dans la deuxième expérience. La moyenne des deux résultats est 651,645; la moyenne fournie par la seconde analyse est 651,15; et enfin si l'on prend la moyenne des deux analyses, on a 651,4, qui est probablement le nombre le plus exact, et dont je me servirai dans la suite.

Après cette détermination du poids atomistique du rhodium, jetons un coup-d'œil sur les sels analysés. Il est évident qu'on doit regarder le sel de potassium comme composé de $K\,Cl^2 + R\,Cl^3$; et si on calcule sa composition d'après cette formule, on obtient les résultats suivans :

| | Calcul. | 1re Expér. | 2e Expér. |
|---|---|---|---|
| Chlorure de potassium. | 41,50 | 41,45 | 41,64; |
| Chlore. | 29,53 | 29,56 | 29,40; |
| Rhodium | 28,97 | 28,99 | 28,96. |

Ce sel contient de l'eau de cristallisation, qu'il ne perd pas à + 100 c. Si, après l'avoir séché long-temps à cette température, on le chauffe presqu'au rouge dans le chlore, l'eau sera dégagée. 100 p. de sel m'ont donné 4,88 p. d'eau. Cette quantité correspond à un atome; car, si on calcule l'eau d'après la formule

$$K\,Cl^2 + R\,Cl^3 + \underline{\dot{H}}, \ (1)$$

elle est égale à 4,77 p. c. du poids du sel.

D'après le poids atomistique établi, le sel de sodium est représenté par $3\,Na\,Cl^2 + 2\,R\,Cl^3$. La comparaison entre le calcul et l'analyse donne :

(1) Le trait au-dessous de $\dot{H}$ indique 2 atomes.

| | Calcul. | 1re Expér. | 2e Expér. |
|---|---|---|---|
| Chorure de sodium... | 45,55 | 45,85 | 45,30; |
| Chlore............. | 27,48 | 27,19 | 27,47; |
| Rhodium........... | 26,97 | 26,96 | 27,23. |

J'ai dit que ce sel contenait 30 p. c. d'eau de cristallisation; ce qui donne 6 atomes d'eau pour chaque atome de sel marin, ou 18 at. pour le sel entier. Si on calcule la quantité d'eau d'après la formule

$$3NaCl^2 + RCl^3 + 18\dot{\underline{H}},$$

on trouvera 29,52.

Il suit de là que les sels rouges de rhodium ne sont point proportionnels dans leur composition au perchlorure de platine, mais à un chlorure intermédiaire entre le proto-chlorure et le perchlorure, que nous ne connaissons pas encore, quoique les expériences d'Edmond Davy permettent d'en soupçonner l'existence. Il se présente maintenant la question de savoir si le rhodium ne forme pas avec le chlore une combinaison proportionnelle au perchlorure de platine, et s'il ne serait pas possible de la former en dissolvant les alliages de platine. J'ai cherché, en conséquence, à combiner le rhodium avec le platine, en évaporant à siccité un mélange de dissolutions des deux métaux, et en réduisant le résidu par l'hydrogène. Le métal fut ensuite bien lavé et traité par l'eau régale; mais la plus grande partie du rhodium resta indissoute. La solution, mêlée avec du chlorure de potassium et évaporée, donna des cristaux jaunes de sel de platine; les eaux mères devinrent de plus en plus rouges, et enfin le sel de rhodium se dessécha en un anneau rouge. Une petite quantité d'eau froide dissolvit le sel rouge

en laissant le sel de platine souillé d'une petite quantité de rhodium, analogue aux petites quantités de sels provenans des eaux mères que les cristaux impurs contiennent toujours, mais dont cependant on peut les débarrasser en les faisant cristalliser plusieurs fois. Il est ainsi démontré que, dans l'analyse des minerais de platine, il ne se forme pas un sel de rhodium proportionnel au perchlorure de platine.

Pour savoir comment le chlorure rouge se comporte seul, je dissolvis le sel de potassium dans l'eau; j'en précipitai le potassium avec l'acide fluosilicique; je filtrai, j'évaporai, et je repris le résidu par l'eau, qui laissa indissout un peu de fluorure double de silicium et de potassium. J'évaporai de nouveau, je dissolvis le résidu dans l'acide muriatique concentré, et j'évaporai encore une fois pour chasser le fluorure de silicium, qui adhère opiniâtrement au rhodium. Le sel sec est d'un brun-noir; il ne cristallise point, devient mou à l'air et peu à peu humide, et supporte une très-forte chaleur sans perdre de chlore et sans changer de solubilité. Si on distille une solution de ce sel dans l'eau régale concentrée, il n'est point changé; sa couleur, il est vrai, devient d'un beau rouge foncé; mais si, après la distillation de l'eau régale, on sature l'acide resté par la potasse, on obtient le même sel que celui que j'avais analysé.

En mêlant le sel de potassium avec du chlorate de potasse et de l'acide muriatique, et en évaporant lentement, on n'obtient encore que le sel ordinaire. Les expériences démontrent que le rhodium a si peu de tendance à s'unir à 4 atomes de chlore, que cette com-

binaison n'a, jusqu'à présent, pu être obtenue ni isolée ni à l'état de sel double.

J'ai essayé alors comment le rhodium se comporterait si on l'exposait, à une température élevée, à un courant de chlore : ce métal, dans l'état de division où on l'obtient en réduisant le sel double par l'hydrogène, fut mis dans un appareil semblable à celui que j'avais employé pour la réduction par l'hydrogène ; on y fit passer du chlore ; et, lorsque l'air atmosphérique fut chassé, on chauffa, avec la lampe à esprit-de-vin, de manière que le fond de la boule rougit faiblement : de temps en temps on essaya s'il y avait encore augmentation de poids, et quand il ne s'en montra plus, on interrompit l'expérience. Le métal avait augmenté de volume, et présenta, après le refroidissement, une poudre d'un rose pâle.

Dans le tube, en avant de la boule, le chlore avait déposé un sublimé, dont la partie extrême était jaune, et qui se dissolvait en jaune dans l'eau. La quantité en était trop petite pour déterminer ce que c'était en effet. Plus loin, on voyait une plus grande quantité d'un sublimé non cristallin d'un rouge foncé, qui se dissolvait dans l'eau avec une couleur rouge, et qui consistait en $RCl^3$ ; dans la partie supérieure de la boule, il s'était déposé une couche mince d'un gris-blanc, insoluble dans l'eau et les acides, mais décomposable par une lessive concentrée de potasse, qui laissa un oxide hydraté d'un brun jaune ; mais la quantité était trop petite pour l'examiner plus exactement. Ce sublimé gris s'obtient aussi en préparant les sels doubles rouges par la voie sèche.

La poudre rose, avec son sublimé, dont la quantité était très-petite, obtenue de 100 p. de rhodium, pesa 154,25. Cela correspond à une combinaison d'un atome $R\,Cl^2$ avec un atome $R\,Cl^3$, ou à une combinaison de deux atomes de métal avec cinq atomes de chlore.

Cette poudre rouge est insoluble dans l'eau et dans l'acide muriatique. La potasse ne l'attaque pas à froid; mais, en les faisant bouillir ensemble, la poudre se décompose, et il se forme un oxide gélatineux, dont la couleur est mêlée de jaune, de brun et de gris. La composition de cet oxide doit être $\dddot{R} + 2\,\dot{R}$. L'excès de potasse en dissout une portion en se colorant en jaune, et cette solution n'est pas précipitée par les acides.

Si l'on traite à froid l'oxide encore humide par l'acide muriatique, celui-ci se colore en jaune sans que l'oxide change de couleur; mais, si on le fait digérer avec l'acide, on obtient une dissolution rouge, et il reste une poudre d'un gris-rouge ou d'un violet sale qui, par la dessiccation, s'agglomère, et supporte une douce chaleur sans se décomposer; en la réduisant par l'hydrogène, elle donne de l'acide muriatique, et il reste 60 pour cent de rhodium; c'est conséquemment du proto-chlorure de rhodium $= R\,Cl^2$.

Dans la solution rouge que donne l'acide muriatique, il se trouve probablement une portion du proto-chlorure dissoute, comme cela a lieu avec les chlorures de platine et d'iridium; mais, si on évapore le sel à siccité, et qu'on le reprenne par l'eau, il ne reste rien ou que très-peu de proto-chlorure en dissolution. Le sel contient en même temps un peu de chlorure de potassium introduit par la potasse contenue dans l'oxide.

*Oxide et oxisels de rhodium.*

Dans mes anciennes expériences sur le rhodium, j'ai montré que ce métal, mêlé en poudre avec de la potasse caustique et un peu de nitre, s'oxide au rouge naissant, et donne une combinaison brune d'oxide de rhodium et de potasse, qui, traitée par l'acide muriatique, exhale un peu de chlore et change d'aspect.

Dans ces expériences je commis l'erreur de prendre l'oxide ainsi traité pour le proto-chlorure du métal. Je le séchai fortement, et l'ayant introduit dans un creuset de platine pesé, je l'exposai à une très-haute température, jusqu'à ce qu'il fût réduit. Comme je pris la perte pour du chlore, et que je m'en servis pour calculer le poids de l'atome, j'obtins pour ce poids 1501,36 ou 750,68 que j'ai inscrit dans mes tables. Le poids de l'atome trouvé par mes dernières expériences m'ayant démontré la fausseté de l'ancienne détermination, j'ai cherché la cause de cette erreur, et j'ai trouvé que ce que j'avais pris pour du proto-chlorure était un hydrate d'oxide de rhodium. On obtient le même hydrate, mais souillé d'un peu de potasse, en lavant long-temps avec de l'eau l'oxide préparé par voie sèche. Le dégagement de chlore, que j'ai aussi remarqué dans mes expériences récentes, paraît provenir d'un peu d'acide nitrique resté avec la potasse dans l'oxide; mais la quantité en est très-faible.

En chauffant cette substance dans une petite cornue de verre, je n'ai obtenu, à la chaleur rouge, que de l'eau et une trace d'un gaz qui n'était ni de l'oxigène, ni du chlore. L'eau adhère si opiniâtrément à l'oxide,

qu'elle n'a été chassée qu'après une heure de chaleur rouge. L'oxide réduit alors par l'hydrogène a donné, pour 100 parties, 6,04 d'eau, et 15,36 p. d'oxigène. L'oxigène de l'eau est $\frac{1}{3}$ de celui de l'oxide; ainsi l'hydrate, calculé d'après la formule $\dddot{\underline{R}}+\dot{\underline{H}}$, consiste en

| | |
|---|---|
| Rhodium..... | 75,9; |
| Oxigène..... | 17,5; |
| Eau.......... | 6,6. |

Si la quantité de métal, dans cette expérience, est un peu trop grande, cela provient de ce que, dans l'oxidation par voie sèche, quelques parties restent inattaquées, et ne peuvent être séparées, parce que l'oxide est insoluble.

J'ai chauffé ensuite le sel rouge de chlorure de potassium et de rhodium avec du carbonate de soude pulvérisé dans une petite cornue en verre, jusqu'à ce que, à une température au-dessous du rouge, tout dégagement de gaz cessât. Le gaz recueilli sur le mercure, et l'acide carbonique enlevé par la potasse, il est resté, des parties du gaz recueillies dans le commencement, 3,7 pour cent d'oxigène, et des dernières 4,5 p. du volume du gaz obtenu. Si l'oxide avait été réduit de $\dddot{\underline{R}}$ à $\dot{R}$, il aurait dû rester 14 $\frac{1}{3}$ d'oxigène pour cent. La quantité insignifiante d'oxigène que le métal perd dans cette expérience démontre qu'il est disposé à former une combinaison entre $\ddot{\underline{R}}$ et $\dot{R}$. La proportion qui a eu lieu dans cette expérience entre le peroxide et le protoxide indique une combinaison de 3 et 4 $\dddot{\underline{R}}$ pour un $\dot{R}$,

et doit faire conclure que ces oxides se combinent en plusieurs proportions.

L'oxide préparé en chauffant le métal avec la potasse et le nitre a la même composition que celui préparé avec le sel rouge, avec cette différence seulement que ce n'est que $\underline{\dddot{R}}$ qui se combine avec la potasse, au lieu de l'oxidule.

L'oxide de rhodium et son hydrate sont réduits par l'hydrogène sans l'application de la chaleur, et ils restent chauds tant que la réduction dure.

On sait que le rhodium s'oxide lorsqu'on le fait rougir ; et, à cet égard, il n'a pas plus de droit que le nikel et le mercure à être compté parmi les métaux nobles. Cent parties de rhodium dans l'état de division où on l'obtient par la réduction de ses sels rouges, au moyen de l'hydrogène, exposées au contact de l'air à une pleine chaleur rouge, ont augmenté de poids jusqu'à 115 parties ou un peu plus ; ensuite, en continuant de chauffer et pesant toutes les dix minutes, on a trouvé qu'elles augmentaient lentement jusqu'à 118,25 parties. Le métal est alors changé en une poudre noire; dans une autre expérience, l'augmentation de poids cessa à 117,9.

Il est évident que ces oxidations ne doivent pas plus s'arrêter à l'état d'oxidule qu'avec le fer métallique ; et il doit plutôt arriver ici, comme avec le fer, qu'il se forme des combinaisons du peroxide avec le protoxide. D'après l'augmentation de poids dans les expériences citées, l'oxide préparé par calcination est composé de $\underline{\dddot{R}} + 3\dot{R}$; c'est-à-dire, que le peroxide et le protoxide con-

tiennent une égale quantité d'oxigène. 100 parties de métal prendraient alors, d'après ce calcul, 18,4 p. d'oxigène.

J'ai déjà dit qu'on peut préparer un oxide composé de $\underline{\dddot{R}} + 2\dot{R}$.

Il suit de tout ce qui précède, que le rhodium possède un protoxide; mais je n'ai pas cherché à l'isoler, et les propriétés en sont ainsi encore inconnues. Je crois que c'est de lui que dépend le phénomène que la solution, dans les acides des sels doubles cités, tire au vert foncé, pendant que les solutions de l'oxide pur sont d'un jaune citron. Les oxisels du rhodium sont presque entièrement inconnus; car on n'a préparé jusqu'ici que le sulfate de rhodium, dont la solution est jaune. Comme il n'est pas décidé si ces solutions jaunes sont au même degré de combinaison que les chlorures rouges, j'ai fait quelques expériences pour éclaircir ce point.

Le sulfate de rhodium, obtenu par la dissolution du sulfure de rhodium dans l'acide nitrique, a été dissous dans l'eau, et la solution, à laquelle on avait ajouté de l'acide muriatique, a été précipitée par le chlorure de barium. Il s'est formé, malgré l'excès d'acide muriatique, un précipité brun jaune de sulfate de baryte et d'oxide de rhodium, dont la nature ne m'est pas bien connue, et la liqueur précipitée était jaune citron. La liqueur, filtrée, évaporée dans une cornue à siccité, a donné de l'acide muriatique sans mélange de chlore, et la masse saline restante s'est dissoute dans l'eau en la colorant en rouge.

Le sulfate de baryte, uni à l'oxide de rhodium, a

été bouilli long-temps avec de l'acide muriatique concentré qui a dissous la plus grande partie de l'oxide; cependant le sulfate de baryte n'est point devenu blanc. La solution muriatique était jaune-citron, mais elle est devenue rouge par la dessiccation; et l'eau en a alors séparé du chlorure rouge.

Une preuve encore que les oxisels jaunes sont proportionnels aux chlorures rouges, c'est qu'en distillant le sel rouge de potassium avec l'acide sulfurique, j'ai obtenu de l'acide muriatique, et il est resté dans la cornue un sel double très-peu soluble, d'un jaune foncé, qui se dissolvait avec une couleur jaune dans l'eau, mais seulement en très-petite quantité. J'ai reconnu ici la circonstance remarquable, que l'oxide de rhodium et ses combinaisons avec les bases sont dissous par l'acide muriatique comme par un oxacide avec une couleur jaune, et que la couleur rouge du perchlorure ne se montre qu'en faisant bouillir la dissolution, ou en l'évaporant à sec. Il semble que c'est une solution dans l'acide hydro-chlorique, et que l'hydrogène de l'acide ne paraît s'unir à l'oxigène de la base qu'à une température élevée.

La meilleure manière de préparer les oxisels de rhodium est de dissoudre dans l'eau le sel rouge de potassium ou de sodium, d'ajouter à la solution plus de sous-carbonate de soude qu'il n'est nécessaire pour décomposer le chlorure de rhodium, et ensuite d'exposer cette solution, qui n'a été que très-peu troublée, à l'évaporation spontanée dans un vase ouvert. Arrivée à une certaine concentration, elle se prend en gelée, et dépose un hydrate d'oxide, qui, après avoir été lavé,

peut être dissout à l'aide de la chaleur dans les acides. Il contient de l'alcali, et je ne sais pas si on peut l'en purifier complètement. La solution dans les acides est d'un jaune franc; et, si elle est saturée, elle a une saveur astringente pure. Le nitrate se dessèche en un sirop jaune qui ne montre aucun signe de cristallisation. Je n'ai pas préparé d'autres sels à l'état solide.

Si on ajoute de l'ammoniaque à un sel rouge de rhodium, il ne se précipite rien d'abord; mais après quelque temps la couleur de la solution devient plus claire, puis jaune, et enfin il se dépose un précipité d'un beau jaune citron. Ce précipité est une combinaison d'oxide de rhodium et d'ammoniaque. Séché, il est jaune pâle et pulvérulent; chauffé dans un vase distillatoire, il donne, sans aucune décrépitation, de l'eau et de l'azote, et il reste du rhodium métallique. Il se dissout aisément dans l'acide muriatique. La solution est d'un jaune citron pur, et elle conserve cette couleur jusqu'au moment où elle est évaporée à sec; elle prend alors une couleur rouge.

L'ammoniaque ne précipite pas entièrement tout l'oxide de rhodium, et la liqueur conserve une couleur jaune. En l'évaporant, on obtient un sous-sel double, d'une couleur jaune, qui est, pour la plus grande partie, insoluble dans l'eau. Lavé et séché, il donne, à la distillation, de l'acide muriatique, de l'eau, de l'azote, du sel ammoniac et du rhodium métallique.

Si on ajoute au sel rouge de potassium de l'acide sulfureux, et qu'on le laisse tranquille pendant quelque temps, il se dépose une poudre jaune pâle, presque blanche, et la couleur rouge de la liqueur s'affaiblit.

Ce précipité, lavé et séché, est blanc et pulvérulent. Distillé, il donne du gaz sulfureux et de l'oxigène, et il reste du sulfate acide de potasse et de l'oxide de rhodium, qui, par l'hydrogène, se réduisent en un mélange de sulfate de potasse et de métal, pendant qu'il se dégage de l'eau et de l'hydrogène sulfuré. Il contient 28 p. c. de rhodium; ce qui s'accorde avec la composition $\dot{K}\dddot{S} + \underline{\dddot{R}}\dddot{S}$. Ce sel se dissout un peu dans l'acide sulfurique, et le colore en jaune. La potasse caustique bouillante le décompose, et il se forme un hydrate d'oxide jaune, qui, dissous dans l'acide muriatique, donne du sel rouge : d'où il suit qu'une partie du sel qui a été réduit par l'acide sulfureux est restée dans la dissolution.

J'ai mêlé la solution avec du sous-carbonate de soude; et, en l'évaporant, il s'est précipité un oxide gélatineux, d'un vert jaune foncé, et la liqueur filtrée était faiblement verte, comme un sel de cuivre; cependant c'était du rhodium dissout qui causait cette couleur; car, en saturant la liqueur par l'acide muriatique et l'évaporant, elle a pris une couleur rouge. L'oxide précipité s'est dissous dans l'acide nitrique avec une couleur verte jaunâtre; mais en même temps il s'est déposé du rhodium métallique. D'après cela, il semble que le protoxide de rhodium ait, comme le protoxide de cuivre, une tendance à se séparer en oxide et en métal, quand on le dissout dans un acide.

Quoique le rhodium soit insoluble dans l'eau régale, cependant il peut être dissout en le fondant avec du sulfate acide de potasse. Cette propriété est de grande importance pour l'analyse, parce qu'on peut, par ce moyen,

découvrir et séparer même de très-petites quantités de ce métal dans le platine, l'iridium et l'osmium. Le rhodium se dissout à la chaleur rouge, en dégageant de l'acide sulfureux ; mais la solution va lentement, et il est nécessaire que le creuset de platine où elle se fait soit bien fermé pour que l'excès d'acide ne se vaporise pas trop vite. Aussitôt qu'en ôtant le couvercle on voit la masse saline se solidifier à la surface et cristalliser, on ôte le creuset du feu, on le laisse se refroidir, on dissout le sel avec de l'eau chaude, et on traite le résidu avec une nouvelle quantité de sulfate acide de potasse. Si on veut séparer de cette manière le rhodium du platine ou de l'iridium, il faut répéter la fusion tant que les nouvelles portions de sel se colorent encore. Pour ne pas employer dans les analyses des quantités trop grandes de sulfate acide de potasse, j'ai quelquefois, quand le sel semblait avoir perdu la plus grande partie de son acide libre, ajouté des quantités pesées d'acide sulfurique distillé; j'ai chauffé avec précaution jusqu'à ce que son eau fût chassée, et alors j'ai continué la fusion. Le résidu doit être refondu jusqu'à ce que le flux reste incolore, et conséquemment ne contienne plus de rhodium.

Le sel double fondu est rouge et transparent, s'il contient peu de rhodium ; mais, s'il en est presque saturé, il est noir et obscur. Refroidi, il est d'un jaune clair ou foncé, d'après la quantité de métal qu'il contient. Quelquefois je l'ai obtenu rose. Il se dissout très-lentement dans l'eau froide, aisément dans l'eau bouillante. La solution est jaune. Le métal n'en peut être précipité parfaitement, ni par un alcali, ni par l'hydro-

gène sulfuré. Il faut sursaturer pour cela la liqueur avec du sous-carbonate de potasse ou de soude, évaporer à sec dans un creuset de platine, chauffer jusqu'au rouge et enlever le sel par l'eau. L'oxide de rhodium qui reste est lavé d'abord avec l'acide muriatique, ensuite avec l'eau, réduit par l'hydrogène, et alors pesé comme métal.

Si un alliage de platine contient en même temps du palladium, le sulfate acide de potasse le dissout avec le rhodium. Le métal, réduit et pesé, est alors traité par l'eau régale; la solution neutralisée est précipitée par le cyanure de mercure; on sépare le cyanure de palladium, et on soustrait le poids du palladium du poids commun des deux métaux.

On peut se servir aussi du sulfate acide de potasse pour distinguer le rhodium de l'iridium. On fond l'essai avec le sel dans un tube de verre fermé par un bout. L'iridium est oxidé par l'acide sulfurique, mais il ne se dissout pas, tandis que le rhodium se dissout et forme une masse saline colorée.

### 2. *Palladium.*

Plusieurs chimistes ont fait des expériences sur le palladium, et n'ont fait connaître qu'un seul degré de combinaison avec l'oxigène et le chlore. Les expériences que j'ai faites démontreront que le palladium possède les mêmes degrés de combinaison que le platine.

#### *Poids atomistique du palladium.*

Dans mes anciennes recherches sur le poids atomistique de ce métal, j'employai, pour le déterminer,

la fusion du métal avec le soufre et la réduction du chlorure de palladium par le mercure ; et, en supposant que le soufre eût pris un atome et le chlore deux, j'avais trouvé, d'après la première détermination, environ 711, et, d'après la seconde, 701 pour le poids atomistique du palladium.

Les expériences qui ont servi de base à ces nombres sont trop difficiles pour être faites avec l'exactitude que comporte la détermination du poids de l'atome. Je me suis servi, à cause de cela, de la réduction, par l'hydrogène, du sel double connu depuis long-temps, du palladium avec le chlore et le potassium. Pourtant il y a encore ici la difficulté, qu'on ne peut doser la quantité du chlore dans le sel avec une exactitude parfaite, parce que le sel séché à une chaleur trop douce retient de l'eau ; et, si on le chauffe trop, il se dégage de l'acide muriatique, et il se forme de l'oxide de palladium. J'ai tâché d'éviter cet inconvénient en calculant le poids de l'atome, d'après la quantité de chlorure de potassium contenue dans le sel.

1) 1,757 gr. de chlorure de palladium et de potassium, chauffés auparavant jusqu'au moment où le sel commençât à fondre, ont donné 0,373 gr. de chlore, 0,575 gr. de palladium, et 0,809 gr. de chlorure de potassium.

2) 2,606 gr. de sel, chauffés fortement dans un courant d'air sec, mais pas jusqu'à fusion, ont donné 0,563 gr. de chlore, 0,851 gr. de palladium, et 1,192 gr. de chlorure de potassium.

Si on calcule ces nombres, on trouve que le sel de palladium contient autant de chlore que le sel de potassium ; car 1,192 gr. de chlorure de potassium contien-

nent 0,566 gr. de chlore. Si ce sel, comme la suite le mettra hors de doute, est composé de $KCl^2 + PdCl^2$, l'atome de palladium pèsera, d'après la première expérience, 664,61, et, d'après la dernière, 665,84. Le nombre moyen des deux est ainsi 665,23. D'après la quantité de chlore trouvée dans une dernière expérience, on obtient 669,09, et la moyenne des trois serait 666,51. Cependant j'ai des raisons de croire le nombre 665,84 le plus près de la vérité.

*Chlorures de palladium, et leurs sels doubles.*

*a*) *Proto-chlorure.* Le sel qu'on obtient en ajoutant du chlorure de potassium à une solution de palladium dans l'eau régale, après avoir évaporé l'acide en excès, et en évaporant à cristallisation, est le même dont j'ai cité l'analyse. Il contient du chlorure de palladium, et cristallise avec la même forme que le sel double de proto-chlorure de platine et de chlorure de potassium découvert et analysé par Magnus. Il en possède aussi la composition atomistique. Si on l'a préparé en mêlant des solutions concentrées, et s'il s'est déposé en petites aiguilles cristallines, il est jaune d'or; mais il est d'un brun vert, s'il cristallise en prismes plus grands. Il a la même couleur après la fusion, s'il cristallise en se refroidissant avec la même forme que lorsqu'il se sépare de sa solution aqueuse. Le dichroïsme, qu'on a attribué à ce sel, ne s'est pas présenté dans mes expériences. Ce sel se dissout dans l'eau et dans l'alcool de 0,84 de densité; mais, en distillant la solution spiritueuse, la plus grande partie est réduite en métal. Il se réduit aussi en le faisant bouillir avec l'acide sulfureux.

Le proto-chlorure forme avec l'ammoniaque un sel double semblable. Celui formé avec la soude est beaucoup plus soluble.

*b*) *Perchlorure*. Si on dissout le sel de potassium décrit dans l'eau régale, et qu'on évapore à sec, il se dépose vers la fin, avec dégagement de deutoxide d'azote, un sel rouge en cristaux microscopiques. Si on pèse le sel employé avant et après, on trouve qu'il a augmenté en poids d'un double atome de chlore, et qu'il est ainsi composé de $K\,Cl^2 + Pd\,Cl^4$; résultat qui est aussi confirmé par la réduction au moyen de l'hydrogène. La couleur de ce sel est variable selon la grandeur des cristaux. Si, comme cela arrive souvent, ils sont si petits qu'on ne puisse reconnaître leur forme par le microscope, elle est d'un rouge de cinabre; mais, s'ils ont une dimension appréciable, elle est d'un rouge brun. La forme des cristaux est alors un octaèdre régulier, comme dans le sel de platine qui lui correspond; ce qui confirme de nouveau que le palladium appartient avec le platine à la même série de corps isomorphes.

Ce sel a plusieurs propriétés remarquables. Chauffé, il laisse dégager du chlore, et le proto-chorure formé se fond; il est très-peu soluble dans l'eau, qui le dissout en se colorant en jaune, mais de telle manière qu'il se sépare en proto-chlorure, et qu'il reste du chlore libre dans la liqueur; il n'y a qu'une très-faible portion qui se dissout sans être décomposée. Si on fait bouillir le sel avec de l'eau, il se dégage une grande quantité de chlore; mais ici le sel subit encore une autre décomposition. Il se forme de l'acide muria-

tique dans la liqueur, et il reste un oxide encore inconnu, d'une couleur d'ombre foncée : la même chose arrive si on fait bouillir ou évaporer la solution dans l'eau froide, mais la quantité d'oxide formé est moindre. Si on dissout le sel dans l'eau bouillante, dans un flacon qui soit exactement rempli et hermétiquement fermé, on obtient une solution obscure semblable à celle du proto-chlorure, quand elle est concentrée; mais, en se refroidissant, la liqueur devient plus claire, et abandonne des cristaux de perchlorure. Il paraît que dans la liqueur il s'opère une décomposition partielle et une recomposition de ce sel. Les cristaux qu'elle dépose sont très-petits, et la quantité en est très-faible. L'acide muriatique un peu étendu dissout ce sel sans le décomposer, et il reparaît après l'évaporation de l'acide. L'eau qui tient en dissolution du chlorure de potassium, du sel marin ou du sel ammoniac, ne le dissout pas; aussi peut-on enlever ces sels avec une quantité d'eau peu considérable.

L'alcool ne le dissout, et ne le décompose pas : cette propriété est importante pour les analyses; car, comme il se trouve toujours du cuivre avec le palladium dans les minéraux de platine, il est difficile de les séparer avec exactitude, parce qu'ils se comportent presque de la même manière; mais comme ils donnent tous les deux des sels doubles avec le chlorure de potassium, dont celui de cuivre est soluble dans l'alcool, on peut les séparer de cette manière. J'en citerai les détails dans l'analyse des minerais de platine.

Si on verse de l'ammoniaque sur ce sel, il se change en proto-chlorure avec dégagement d'azote.

On obtient avec l'ammoniaque un sel double, tout-à-fait semblable, lorsqu'om mêle du sel ammoniac à une dissolution du palladium dans l'eau régale, et qu'on évapore à sec à une douce chaleur. Il a tous les caractères extérieurs du sel de potassium, et est aussi peu soluble.

Je n'ai pu produire un sel double avec le sel marin, probablement parce qu'il est très-soluble dans l'eau, et que, par cette cause, il se décompose dans la solution avant de se solidifier.

Je n'ai pu isoler et obtenir à l'état solide le chlorure de palladium contenu dans ces sels. Une solution concentrée de palladium dans l'eau régale ne contient, en très-grande partie, que du proto-chlorure et du nitrate de protoxide; cependant, si on y verse goutte à goutte une dissolution concentrée de chlorure de potassium, il se précipite d'abord un peu de sel rouge; ce qui prouve que la liqueur contient aussi du perchlorure, et alors il se forme une plus grande quantité de proto-chlorure double. On peut obtenir ce perchlorure en dissolution, en décomposant du sel double par la potasse, et en versant ensuite sur l'oxide lavé et séché de l'acide muriatique concentré. L'oxide se dissout en colorant l'acide en jaune brun très-beau. Il reste une petite quantité du sel double de potassium provenant de la potasse contenue dans l'oxide, mais la solution sent le chlore. Le chlorure de potassium le précipite presque entièrement à l'état de perchlorure double; mais, si on évapore, il se dégage du chlore, et il reste du proto-chlorure.

Dans l'analyse des minerais de platine, il arrive quelquefois que, lorsqu'on distille à une chaleur douce de

l'eau régale jusqu'à sec sur le minerai, et qu'on dissout ensuite le résidu dans l'eau, la solution sent le chlore; ce qui provient de la décomposition du perchlorure de palladium. Il faut alors chauffer la liqueur tant qu'elle sent encore le chlore, parce que autrement on précipiterait du perchlorure double de palladium avec le perchlorure de platine.

c) *Proto-chlorure de palladium et alcalis caustiques.* Si on ajoute de l'ammoniaque à un sel de palladium, il se forme un précipité qui se dissout bientôt avec une couleur jaune, et quelque temps après la liqueur devient incolore. L'action va plus vite quand la liqueur et l'ammoniaque sont concentrées ou chaudes.

Lorsque je remarquai cette propriété pour la première fois, je crus que le palladium était ramené par l'ammoniaque à un degré inférieur de combinaison, quoique je n'eusse jamais observé un dégagement d'azote. Je trouvai cependant après que le même effet a lieu quand on verse goutte à goutte une solution de proto-chlorure de palladium dans la potasse caustique; la couleur disparaît dans un instant, et les principes du proto-chlorure restent dans la liqueur. Il est ainsi évident que c'est l'excès d'alcali, et non une réduction, qui fait disparaître la couleur jaune.

Si on ajoute de l'ammoniaque caustique au proto-chlorure de palladium, jusqu'à ce qu'on obtienne une liqueur claire et incolore, et si on évapore ensuite à sec, il reste, par la dissolution de la masse sèche dans l'eau, un résidu insoluble pulvérulent d'une couleur verte jaunâtre qui, soumis à la distillation sèche, donne d'abord un peu d'ammoniaque libre, ensuite de l'acide

muriatique, de l'azote, et enfin, du sel ammoniac, et qui laisse la moitié de son poids de palladium métallique. Ce sel est analogue au *mercurius præcipitatus albus* des pharmaciens, et est composé d'un atome de proto-chlorure de palladium et d'un double atome d'ammoniaque. Sa formation dépend de cette circonstance, qu'il contient de l'ammoniaque et non de l'ammonium, et sa décomposition à une température élevée provient de ce que le chlore du proto-chlorure forme avec l'ammoniaque du chlorure d'ammonium, de l'azote et de l'acide muriatique. La formule pour la composition de cette substance est $Pd\,Cl^2 + \underline{N}\,\underline{H}^3$. Il est possible que la combinaison incolore avec la potasse soit composée de

$\dot{K} + Pd\,Cl^2$.

Quand on dissout le proto-chlorure de palladium et de potassium dans l'ammoniaque caustique, on obtient une liqueur incolore qui ne prend point de couleur, tant qu'elle contient un excès d'ammoniaque. Exposée à une évaporation spontanée, elle donne des cristaux incolores radiés, mêlés d'une poudre jaune, dans laquelle la masse entière se change en l'évaporant à chaud. Cette matière jaune est un sel ammoniacal semblable, mais il contient en même temps une combinaison de protoxide de palladium et d'ammoniaque. Il a donné 57,5 p. c. de palladium.

Quand on évapore la solution d'un sel de palladium dans l'ammoniaque, jusqu'à ce que l'excès de cet alcali soit chassé, mais que le sel ne soit pas encore coloré en jaune, et qu'ensuite on ajoute du cyanure de mercure, il ne se forme aucun précipité dans le premier mo-

ment; mais, après quelques instans, il se dépose des écailles cristallines nacrées et incolores qui contiennent le cyanure de palladium.

Si on verse de l'eau sur le perchlorure de palladium et de potassium, et si on ajoute alors du cyanure de mercure, le sel est décomposé, et on obtient un cyanure de palladium floconneux, d'un rouge pâle, qui change peu à peu de couleur, et devient plus clair pendant que la liqueur sent l'acide hydrocyanique.

*Oxides et oxisels du palladium.*

Ces combinaisons ont été peu examinées : on n'a connu jusqu'ici que le protoxide, et même ses propriétés n'ont pas été bien étudiées.

On sait que le palladium, chauffé jusqu'à une certaine température, devient bleu; mais on ignore quelle en est la cause. J'ai chauffé du palladium très-divisé, tel qu'on l'obtient en réduisant ses proto-chlorures par l'hydrogène, dans un courant d'oxigène jusqu'au rouge naissant; il a pris une très-belle couleur bleue, mais la balance n'a manifesté aucune augmentation de poids, et le changement s'est borné à la surface. Par l'hydrogène la couleur disparut : c'était ainsi assez évidemment un oxide.

On a dit que les sels de palladium devenaient bleus par l'ammoniaque, mais cela dépend du cuivre et n'a rien de commun avec la couleur bleue que le palladium prend en le calcinant à l'air; probablement que par cette oxidation superficielle il se forme des combinaisons de deux oxides de palladium analogues aux oxides bleus de l'iridium et de l'osmium.

En fondant le palladium avec la potasse et le nitre, il

s'oxide beaucoup moins que les autres métaux qui accompagnent le platine, et il se forme de protoxide. Quand on mêle le perchlorure avec le sous-carbonate de soude, et qu'on chauffe à une chaleur qui n'aille pas au rouge, tant qu'il se dégage du gaz, on obtient de l'acide carbonique et la moitié de l'oxigène qu'abandonne l'alcali, pendant que l'autre moitié reste en combinaison avec le palladium et forme du protoxide. Lorsqu'on traite le perchlorure par l'alcali, il se forme un degré d'oxidation inconnu jusqu'ici, qu'on peut appeler le *peroxide de palladium*, et qui, d'après la composition du perchlorure, est composé d'un atome de radical et de deux atomes d'oxigène, ou sur 100 parties de 76,92 de métal, et 23,08 d'oxigène. Le protoxide contient 86,94 de métal, et 13,06 d'oxigène.

Quand on verse sur le perchlorure de la potasse ou de la soude caustiques ou carbonatées, il se dissout, pour la plus grande partie, avec une couleur d'un jaune-brun foncé; et si on abandonne la solution quelque temps à elle-même, elle se prend en gelée et dépose de l'hydrate d'oxide; si on filtre la liqueur, ce qui passe est jaune à cause de l'oxide dissous. L'oxide hydraté est d'un jaune brun foncé, presque comme la terre d'ombre, et il devient encore plus foncé lorsqu'on le lave à l'eau bouillante; il contient de la potasse qu'on ne peut ôter par les lavages. Quand on chauffe le mélange de perchlorure et d'alcali jusqu'à l'ébullition, l'oxide précipité devient noir, et la liqueur alcaline incolore (1).

---

(1) A une température plus haute, il donne de l'oxigène et passe à l'état de protoxide. L'oxide brun donne en même

L'oxide de palladium, même à l'état humide, ne se dissout que très-lentement dans les acides, mais il se dissout en effet. Ces solutions ont une couleur jaune pure, et montrent la présence d'un des sels qu'on pourrait appeler sels de peroxide de palladium. L'acide muriatique le dissout promptement; quand il est concentré, il se forme, comme je l'ai déjà dit, du perchlorure; s'il est un peu étendu, il se dégage du chlore. Une portion de perchlorure de palladium et de potassium reste constamment indissoute. Les sels de protoxide du palladium, les seuls sels oxigénés de ce métal qui soient jusqu'ici connus, sont néanmoins très-peu examinés; ils donnent avec les alcalis la même série de combinaisons que le protochlorure.

Fischer (1) a déjà observé que le nitrate de protoxide de palladium sursaturé d'ammoniaque, donne un sous-sel incolore qui cristallise en tables brillantes à quatre côtés rectangulaires. Quand on l'évapore à chaud, il se présente en écailles nacrées.

(*La suite dans le Cahier prochain.*)

---

temps de l'eau, et avec une telle violence que tout est projeté hors de la cornue. L'oxide noir, précipité par l'ébullition, ne montre point ce phénomène.

(1) *Iahrbuch der Chemie und Physik*, t. LI, p. 202.

# Examen *de la Matière cristallisable de l'huile volatile de fleur d'oranger.*

Par Mr A. Plisson,
Pharmacien attaché à la Pharmacie centrale.

( **Extrait.** )

Malgré quelques recherches heureuses de plusieurs savans sur les huiles volatiles, l'histoire de ces substances est encore très-incomplète, et bien loin d'avoir reçu tout le développement dont elle est susceptible.

D'un côté, si l'on commence à connaître assez bien la plupart de leurs propriétés physiques et chimiques, de l'autre, quelle incertitude ne règne-t-il pas sur leur composition ? Elles ne paraissent pas, en effet ( ex. : essence de térébenthine ), toujours formées, comme les huiles fixes, de deux principes immédiats ; et quand cela serait ( ex. : huiles essentielles de roses, d'anis ), ces deux nouveaux principes, déjà nommés igrusine, séreusine, seraient-ils toujours comparables à l'élaïne et à la stéarine. Mon but n'étant pas ici de résoudre ces difficultés, je ne ferai mention que des expériences de M. Boullay père, comme étant les seules auxquelles les miennes se rapportent directement.

Pour enlever d'un flacon de l'essence de fleurs d'oranger, j'avais pris de l'alcool que j'avais, l'année dernière, employé à pareil usage. Cet alcool avait déposé un assez grand nombre de paillettes blanches qui, par leur brillant aspect, attirèrent mon attention ; et, dès ce moment, je résolus d'en examiner la nature. J'avais ter-

miné cet examen, et je recherchais des analogies, lorsque M. Henry fils me donna communication du travail de M. Boullay, lequel travail, n'ayant pas été publié à cette époque, m'était demeuré tout-à-fait inconnu.

Comme la matière cristalline du néroli que ce savant pharmacien a offerte à la société était encore impure, comme j'ai pu faire l'étude de celle-ci avec assez de détails pour l'estimer une substance particulière, je vais exposer le résultat de cette étude, pensant qu'il ne sera peut-être pas dépourvu de toute utilité pour la science.

*Préparation.* Ayant observé que la matière cristalline dont il est question s'était séparée de l'alcool qui la tenait en solution, j'ai été conduit, de même que M. Boullay, à employer ce véhicule pour en recueillir une quantité plus considérable. La préparation de cette substance est donc fort simple : elle consiste dans l'addition d'alcool 35° Baumé à de l'huile volatile de fleur d'oranger, jusqu'à ce qu'il cesse de se produire un précipité blanc. Ce précipité, qui commence à paraître vers la fin de la solution de toute l'huile, et qui se continue même après cette solution pendant un certain temps, est le produit cherché; l'alcool surnageant dépose encore, à la longue, des paillettes blanches; quelques jours sont insuffisans pour produire ce résultat. On purifie ce produit en l'édulcorant avec de l'alcool, le dissolvant dans l'éther sulfurique, et le précipitant de nouveau par le premier menstrue. Pour l'avoir cristallisé, on évapore spontanément son soluté dans l'éther, et on arrête l'évaporation quand on juge qu'il s'est formé un assez grand nombre de cristaux. L'huile volatile récente donne en produit un peu plus de la centième partie de son poids; au bout

d'un an, elle fournit beaucoup moins; et, si elle est encore plus vieille, l'alcool n'y occasionne plus de précipité. Dans cette dernière circonstance, la matière cristalline a contribué à former un dépôt où il est assez difficile de la reconnaître.

*Propriétés.* La matière cristallisable du néroli peut s'obtenir par l'éther sous forme de cristaux blancs, nacrés, sans odeur, sans saveur, sans action sur les couleurs végétales, ainsi que leur soluté dans l'alcool ou l'éther; ces cristaux ressemblent assez bien à du blanc de baleine légèrement trituré.

Par l'action d'une chaleur lentement progressive, elle se ramollit vers le 50° centésimal, et est en fusion au 55°. Par le refroidissement, elle ne cristallise pas régulièrement, elle se prend en une masse un peu diaphane ayant l'aspect et la cassure de la cire.

Sous ce dernier état, sa pesanteur spécifique est de 0,913 à la température de 14° Réaumur; par conséquent elle est, ainsi que l'a annoncé M. Boullay, plus légère que l'eau, plus pesante que l'alcool.

En l'exposant dans un espace vide, à une température qui ne soit pas trop élevée, elle fond, se volatilise, se solidifie par son retour à la température ordinaire, et conserve sans doute toutes ses propriétés primitives, puisqu'elle n'a laissé aucun résidu, ne s'est pas colorée et n'a point augmenté l'espace où a lieu sa sublimation. Quelques semaines d'exposition à l'air ne lui font subir aucune altération; peut-être rancirait-elle par un contact plus prolongé.

Soumise à l'action du feu dans un volume d'air déterminé, une partie se volatilise, une autre se décompose en

prenant une teinte brune ; et, comme le volume de l'air a diminué, il s'est donc produit de l'eau, etc.; il ne se forme pas de corps azoté.

Elle est entièrement insoluble dans l'eau ; elle peut se dissoudre dans 60 parties d'alcool bouillant (44° Baumé) et s'en séparer sous forme d'écailles peu distinctes ; elle se dissout très-bien à chaud dans l'essence de térébenthine, et, par le refroidissement, elle cristallise en lames transparentes ; l'huile-mère en retient à peine. L'éther sulfurique est son meilleur dissolvant : à froid même il peut s'en charger d'une quantité considérable et l'abandonner en masse par l'eau ou l'alcool. L'acide sulfurique concentré ne l'attaque pas à froid ; à chaud, il la carbonise en donnant lieu à du gaz sulfureux, etc. Tenue dans 25 fois son poids d'acide nitrique concentré en ébullition tout le temps nécessaire pour qu'il s'évapore la moitié de l'acide, une partie se volatilise, et l'autre reste inattaquée. En répétant cette expérience avec des cristaux impurs qui s'étaient déposés lentement d'un soluté alcoolique de néroli, le laboratoire s'est rempli d'une très-douce odeur d'ambre et de musc; l'acide hydrochlorique à toute température n'exerce sur elle aucune action.

J'ai tenté en vain d'en opérer la saponification, en me conformant au procédé décrit par M. Chevreul. Je me suis assuré que, dans son contact avec la potasse caustique, celle-ci n'en dissolvait qu'une excessivement petite quantité, et qu'elle ne donnait lieu à aucun acide.

Il me reste maintenant à décider si cette substance est réellement une partie indispensable de l'huile essentielle de fleur d'oranger, ou si elle ne s'y trouve qu'accidentel_

lement, ayant été entraînée par la vapeur aqueuse. Etant par elle-même insipide, inodore, l'ayant recherchée inutilement dans plusieurs essences nouvelles, l'ayant séparée du néroli sans que celui-ci éprouvât aucun changement dans ses propriétés d'huile volatile, je crois que l'existence de ces deux corps est tout-à-fait indépendante l'une de l'autre, et que le néroli est plus tôt purifié que décomposé par la distraction de la matière cristallisable qui l'accompagne. Cette matière, comme on a pu le voir, jouit de propriétés qui la distinguent de toutes les autres; la myricine est celle qui s'en rapproche le plus : elle en diffère cependant, parce que cette myricine, d'après MM. Boissenot et Boudet, ne fond qu'à 65°; parce que, d'après John, la myricine est peu soluble dans l'éther, même à l'aide de la chaleur, et que, dissoute en grande quantité par l'essence de térébenthine à chaud, elle ne s'en précipite pas par le refroidissement; parce qu'enfin l'acide nitrique peut attaquer à chaud la myricine.

D'après l'ensemble de ces considérations, il me semble convenable d'envisager le corps dont je viens d'exposer les caractères, comme un principe immédiat nouveau pour lequel je proposerai le nom d'*Aurade* (*Aurantium, Adeps*). L'aurade viendra naturellement se ranger dans la classe des corps gras, auprès de la cholesterine, de l'ambréine, de la myricine, de l'éthal et de la céraïne, mais elle formera un genre nouveau dont elle sera la première espèce, et qui comprendra toutes les substances inaltérables par l'acide nitrique et les alcalis.

En recherchant l'aurade dans les huiles volatiles, l'une d'elles m'a présenté un fait que je crois devoir publier. De l'essence de citron avait laissé déposer dans le flacon

où on la conservait, une matière résineuse, laquelle m'a fourni des cristaux, en la traitant par l'alcool et l'eau. Ces cristaux sont très-petits, satinés, amers, encore légèrement jaunes, peu solubles dans l'eau bouillante, mais en plus grande quantité que dans l'eau froide; la potasse caustique rend cette solution très-facile à froid, et les cristaux peuvent être précipités sans altération par l'addition d'un acide; l'acide sulfurique les fait passer successivement du jaune-orangé à un rouge éclatant; l'acide nitrique les convertit en acide oxalique, etc., etc. Ces cristaux étaient donc l'hespéridine de M. Le Breton; cependant, je dois dire qu'ils ne changeaient pas la teinte du perhydrochlorate de fer, et qu'ils se dissolvaient dans l'essence de térébenthine à l'aide de la chaleur.

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi 5 janvier 1829.*

En exécution du règlement, l'Académie procède à la nomination d'un vice-président; M. Girard réunit la majorité des suffrages. M. Mirbel, vice-président de l'année précédente, occupe la fauteuil.

M. Dumortier, directeur du musée de Tournai, adresse des Recherches sur la structure comparée et le développement des animaux et des végétaux. M. Virlet, ancien élève des mines, envoie un Mémoire géologique sur le terrain houiller de Saint-Georges-Chatelaison et sur les terrains environnans.

M. Labillardière rend un compte favorable de la Monographie du genre chiadecton, présentée en manuscrit par M. Fée.

*Séance du lundi 12 janvier.*

M. Billiard envoie un écrit intitulé : *Grandes erreurs de M. Thomas dans son Essai statistique sur l'île de Bourbon.* M. Fauché Prunelle présente une méthode d'approximation des racines réelles incommensurables des équations numériques, et un moyen de développer ces racines en fractions décimales. M. Baudelocque neveu dépose un paquet cacheté portant ce titre : *Idées nouvelles sur les accouchemens.* M. Ozenne adresse le dessin d'un maunequin qu'il nomme *tocomathique.* M. Paradis communique une Lettre que M. Pagès, médecin de Vienna en Navarre, lui a écrite, sur plusieurs cas de fièvre jaune sporadique, observés dans les montagnes, à plus de quarante lieues des côtes de l'Océan.

M. Cauchy lit l'Extrait de deux Mémoires dont il est l'auteur ; l'un est intitulé : *Démonstration analytique d'une loi découverte par M. Savart, dans les vibrations des corps solides ou fluides* ; l'autre a pour titre : *Mémoire sur le mouvement d'un système de molécules qui agissent les unes sur les autres à de très-petites distances, et sur les mouvemens de la lumière.*

*Séance du lundi 19 janvier.*

M. Barlow témoigne sa reconnaissance pour la place de correspondant à laquelle il a été nommé. M. Cordier annonce que M. Renaud de Vilback a découvert une nouvelle grotte contenant des ossemens fossiles de mam-

misères, près de la ville du Vigan. M. Riffaut soumet à l'Académie un porte-feuille contenant une grande quantité de dessins faits pendant vingt années de séjour dans le Levant.

M. Chevreul rend un compte très-favorable du Mémoire de M. Serullas, que nous avons déjà imprimé, sur les produits qui résultent de la réaction de l'acide sulfurique et de l'alcool.

M. Puissant fait connaître le but que M. Jomard, ingénieur du cadrastre, s'est proposé, en construisant l'instrument qu'il a nommé *tact-graphique*. Cet instrument n'est, à proprement parler, qu'un grand rapporteur ordinaire à rayon mobile.

M. Delivani avait présenté un nouveau modèle de bateau mû par des roues à aubes. Dans ce bateau, l'avant est plus large que le milieu et l'arrière, et les roues sont placées après le rétrécissement, en sorte que leurs aubes n'agissent pas dans les deux courans latéraux auxquels donne lieu le remous qui se forme à l'avant du bateau. L'idée d'éviter les effets de ce remous n'est pas neuve; or, comme la communication de M. Delivani n'était appuyée d'aucune expérience, l'Académie, conformément à la proposition de M. Navier, n'a émis aucune opinion à ce sujet.

M. Mongez commence la lecture d'un Mémoire sur les animaux qui, chez les Romains, étaient promenés ou tués dans le cirque.

*Séance du lundi 26 janvier.*

M. Colladon dépose un paquet cacheté, contenant divers procédés de mécanique-pratique; M. Paulet de

Genève, un Mémoire intitulé : *Théorémes sur les puissances des nombres, et démonstration d'un Théoréme de Fermat.* M. Saintourain fait remettre un Ecrit relatif aux landes et marais de l'ancien district de Tartas et de l'arrondissement de Dax. M. Bonafous adresse des expériences qu'il a faites sur les feuilles du mûrier greffé, comparées à celles du mûrier sauvage, pour la nourriture des vers à soie.

Mr F. Cuvier, au nom d'une commission, rend un compte très-détaillé du savant Mémoire que M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire avait présenté à l'Académie, sur les caractères généraux des singes américains, et sur le genre nouveau nommé par l'auteur *Eriode.*

M. Savart lit le Mémoire dont une moitié fait déjà partie de ce Cahier.

M. Cauchy communique un nouveau travail analytique sur l'équilibre et le mouvement des plaques et des verges élastiques, lorsque l'élasticité n'est pas la même dans tous les sens.

---

## Note *sur la Conductibilité relative pour le calorique de différens bois, dans le sens de leurs fibres et dans le sens contraire.*

Par MM. Aug. de La Rive et Alph. de Candolle.

La conductibilité des métaux et de quelques autres substances a été depuis long-temps un sujet de recherches, à cause des importans résultats qu'on en tirait

pour les arts et pour la science. Il n'en est pas de même de certaines substances moins utiles à connaître sous ce rapport, telles que le verre, la porcelaine et autres produits des arts, ainsi que les bois de diverses espèces. Un Mémoire de M. Despretz, inséré dans les *Annales de Chimie*, a fait connaître les conductibilités relatives de quelques-unes de ces substances. Nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de compléter les connaissances que l'on a sur ce sujet, en comparant les facultés conductrices de quelques espèces de bois. Cette comparaison peut d'ailleurs conduire à diverses considérations de physiologie végétale.

Nous nous sommes servis, dans ce but, de morceaux de bois bien secs, équarris, longs de 13 centim. (4 pouc. 10 lig.), larges de 4 centim. (18 lig.), et épais de 27 millim. (1 pouce). Pour connaître les différences qui pouvaient résulter du sens des couches ligneuses, nous avons fait scier des morceaux dans le sens contraire à celui selon lequel on travaille ordinairement le bois, c'est-à-dire, les fibres étant transversales au lieu d'être dans le sens de la longueur du morceau de bois. C'est cette direction contraire aux fibres ligneuses que suit le calorique, lorsqu'il passe de l'atmosphère dans l'intérieur d'un arbre, ou *vice versâ*. Sur l'une des faces de la largeur de ces morceaux de bois, à partir de 3 centim. de l'une des extrémités, étaient percés, à des distances égales de 2 centim. (9 lig.), des trous au nombre de cinq, larges de 7 millim., qui n'atteignaient que le milieu de l'épaisseur de la baguette. Dans chaque trou nous versions un peu de mercure, dans lequel plongeait un thermomètre. L'une des extrémités du morceau

de bois était enfoncée dans un étui en fer-blanc, long d'environ 2 centim. $\frac{1}{2}$, de manière à ne recouvrir aucun des trous. Cet appareil était suspendu librement en l'air, et une lampe à esprit-de-vin était placée au-dessous de l'extrémité armée de fer-blanc. La flamme ne pouvait frapper que cette partie, à cause de la cheminée de la lampe et des lames de verre que nous placions verticalement entre elle et le morceau de bois, en ayant soin de les renouveler dès que la chaleur commençait à les traverser. De cette manière, la source de chaleur était unique, sans cependant frapper directement le bois de manière à le brûler. Afin que les thermomètres eussent bien la température de l'intérieur de la baguette, nous jetions sur les orifices des trous un peu de poudre de lycopode, qui empêchait tout rayonnement extérieur des boules des thermomètres et du mercure qui les entourait.

Au bout d'une à deux heures, chaque thermomètre avait atteint le *maximum* de température que sa distance de la source de chaleur et la conductibilité du bois, combinés avec le rayonnement, lui permettaient de prendre. Nous ne regardions l'expérience comme terminée que lorsque les thermomètres avaient atteint leur point fixe depuis dix minutes ou un quart d'heure. Nous avons retranché de toutes les hauteurs thermométriques la température de l'air ambiant, qui, pour le dire en passant, n'a varié que de 6° à 10° centigrades.

Les espèces de bois que nous avons essayées sont au nombre de six, dont trois l'ont été dans les deux sens des fibres. Rangés dans l'ordre de leur conductibilité, à commencer par les meilleurs conducteurs, ce sont

l'allier (*Cratægus aria*), le noyer, le chêne, le sapin, le peuplier, tous dans le sens des fibres ligneuses ; puis le noyer, le chêne et le sapin, dans le sens contraire ; et enfin le liége.

En comparant les deux extrêmes, on trouve que, dans l'allier, bois très-dur et pesant, le premier thermomètre étant à 83°, le second était à 45, un peu plus de la moitié ; tandis que, dans le liége, le premier étant à 78°, le second se trouvait seulement à 14°, un peu plus du cinquième. Les bois les plus denses étaient en général les meilleurs conducteurs. Cependant le noyer est un peu meilleur conducteur que le chêne, quoiqu'il soit plus léger. On voit d'ailleurs, d'après le tableau qui suit, qu'il y a peu de différence entre les bois coupés dans le même sens, et que leur peu d'homogénéité rend les résultats moins réguliers que dans les expériences qui ont été faites sur d'autres substances ; mais il y a une différence considérable suivant la direction du calorique, relativement aux couches ligneuses. Les bois sont beaucoup plus mauvais conducteurs dans le sens contraire aux fibres dont ils sont composés, que dans celui de leur longueur. La différence qui résulte de ces directions du calorique est d'autant plus grande, que le bois dont il s'agit est plus mauvais conducteur. Ainsi, en considérant les seconds thermomètres, et en prenant dans chaque bois les différences résultant de la direction des fibres, on trouve 16° dans le noyer, 22° dans le chêne, et 28° dans le sapin. Dans le chêne, la conductibilité dans le sens des fibres est à celle dans le sens perpendiculaire comme 5 est à 3.

La courbe formée par les hauteurs des thermomètres,

qui est une logarithmique dans les corps très-bons conducteurs, n'est pas aussi régulière dans les substances qui conduisent mal. Elle décroît d'abord très-vite, puis elle devient presque parallèle à la ligne des abscisses. Ainsi, dans le liége, le second thermomètre étant à une hauteur six fois plus petite que le premier, le dernier est fort peu différent de l'avant-dernier : il est à 1, et l'avant-dernier à 1°,56, tandis que dans l'allier les quotiens sont presque égaux. Au reste, ces nombres, donnés immédiatement par l'expérience, n'expriment pas les pouvoirs conducteurs d'une manière absolue, car ils sont le résultat de la combinaison de plusieurs élémens, tels que les dimensions du corps, leur faculté de rayonner, etc., élémens qui devraient être calculés, si l'on voulait comparer exactement la conductibilité des bois avec celle des autres substances.

La grande différence qui résulte du sens suivant lequel les couches ligneuses se présentent au calorique, peut expliquer en partie comment les arbres conservent si bien dans l'intérieur de leur tronc la température du sol d'où ils pompent leur nourriture. D'un côté, cette température se transmet par l'ascension des liquides et par sa propagation dans le tissu solide du bois, tandis que le peu de conductibilité, dans le sens transversal, met un grand obstacle à ce que l'équilibre avec la température extérieure puisse s'établir.

| NOMS. | HAUTEURS THERMOMÉTRIQUES dont on a retranché la température de l'air. — ( Degrés centigrades. ) | | | | | QUOTIENS Obtenus en divisant la hauteur du 1er thermomètre par celle du 2e, celle du 2e par celle du 3e, etc. | | | | HAUTEUR du 2d therm., le 1er étant à 100°, calculée d'après les rapports observés. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1er therm. | 2e therm. | 3e therm. | 4e therm. | 5e therm. | 1er quotient. | 2e quotient. | 3e quotient. | 4e quotient. | |
| *Allier* (Cratægus aria), longitudinal ou dans le sens des fibres | 83,0 | 45,0 | 21,2 | 9,2 | 4,4 | 1,84 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | 54,28 |
| *Noyer*, dans le sens longitudinal | 80,13 | 43,0 | 19,63 | 9,19 | 5,13 | 1,86 | 2,19 | 2,13 | 1,79 | 53,7 |
| *Chéne*, *idem* | 81,7 | 41,2 | 17,5 | 7,2 | 3,7 | 1,98 | 2,35 | 2,43 | 1,94 | 50,5 |
| *Sapin*, *idem* | 84,0 | 39,25 | 20,6 | 8,5 | 3,7 | 2,1 | 2,3 | 1,9 | 2,4 | 47,62 |
| *Peuplier*, *idem* | 79,8 | 34,2 | 14,2 | 6,2 | 2,8 | 2,33 | 2,4 | 2,3 | 2,22 | 42,91 |
| *Noyer*, dans le sens transversal, ou contraire aux fibres | 99,5 | 37,43 | 13,19 | 6,0 | 3,25 | 2,66 | 2,84 | 2,20 | 1,80 | 37,59 |
| *Chéne*, *idem* | 79,3 | 22,75 | 7,5 | 3,6 | 2,4 | 3,5 | 3,0 | 2,1 | 1,5 | 28,57 |
| *Sapin*, *idem* | 70,9 | 13,8 | 4,5 | 2,5 | 1,9 | 5,1 | 3,0 | 1,4 | 1,3 | 19,6 |
| *Liége* | 78,5 | 13,75 | 3,44 | 1,56 | 1,0 | 5,7 | 3,9 | 2,2 | 1,56 | 17,5 |

# Sur *la Décomposition de plusieurs chlorures métalliques par le gaz oléfiant.*

Par F. Wöhler.

Quand on fait passer du gaz oléfiant sec dans le perchlorure d'antimoine, il est absorbé en grande quantité; la liqueur s'échauffe considérablement et devient brune. En refroidissant, il s'en dépose beaucoup de cristaux transparens de proto-chlorure d'antimoine. La liqueur a perdu presque entièrement la propriété de fumer à l'air, et sent alors fortement l'hydro-carbure de chlore. En la distillant, il se volatilise un liquide qui se sépare en deux couches, dont l'inférieure est de l'hydro-carbure de chlore, et la supérieure une solution de proto-chlorure d'antimoine dans l'hydro-carbure de chlore.

En traitant cette liqueur par l'acide muriatique et ensuite par l'eau, on obtient l'hydro-carbure de chlore pur. Il reste dans la cornue du proto-chlorure d'antimoine noirci par du charbon.

Le perchlorure rouge volatil de chrome se comporte d'une manière tout-à-fait semblable. Quand on y fait passer du gaz oléfiant sec, il se dégage beaucoup de chaleur; la liqueur devient entièrement opaque, pâteuse, enfin solide et pulvérulente; il arrive ordinairement qu'à l'accès de l'air la chaleur dégagée cause l'inflammation du gaz, et la masse entière devient rouge et se change, en exhalant une vapeur épaisse, en protoxide vert de chrome. S'il n'y a pas d'inflammation, le

perchlorure se trouve changé en une masse solide, d'un brun foncé, qui se fond très-vite à l'air, en une liqueur brune-verdâtre, de laquelle l'ammoniaque précipite une substance de même couleur, et il reste du chromate d'ammoniaque en dissolution. Cette substance paraît être du deuto-chlorure de chrome, c'est-à-dire, un chlorure proportionnel à l'oxide brun de chrome, admis jusqu'à présent; car le proto-chlorure est volatil et a une couleur rouge de fleur de pêcher. L'existence de ce deuto-chlorure confirmerait peut-être l'opinion, que l'oxide brun, que M. Maus croit devoir regarder d'après ses expériences comme du chromate de protoxide de chrome, est en effet un degré d'oxidation particulier.

L'hydro-carbure de chlore formé dans cette réduction est entraîné par la forte chaleur avec l'excès de gaz et le perchlorure de chrome non décomposé. Avec l'alcool absolu, le perchlorure de chrome se décompose si violemment qu'il y a inflammation; il se forme une solution verte de proto-chlorure de chrome et d'hydro-bicarbure de chlore.

Quand on fond du perchlorure de cuivre dans un courant de gaz oléfiant, il se dégage de la masse de grosses bulles, qui, en crevant, s'enflamment vivement avec une couleur pourpre. Il se dépose ici beaucoup de charbon, et l'hydro-carbure de chlore, ainsi que le gaz oléfiant, sont décomposés; il se forme une petite quantité d'une huile jaunâtre, d'une odeur semblable à celle du camphre artificiel, et de l'acide muriatique. On trouve ensuite le perchlorure réduit en proto-chlorure et en cuivre métallique.

Le perchlorure d'étain (*Spir. Libavii*), le chlorure de soufre et le periodure rouge de mercure ne sont pas décomposés par le gaz oléfiant, ou réduits à des degrés inférieurs.

Il serait très-intéressant de savoir si les perfluorures se décomposeraient d'une manière analogue avec le gaz oléfiant, comme les perchlorures mentionnés; il se formerait alors un hydro-carbure de fluore. Mais les vases rendent ici l'opération difficile.

Quand on fait passer le perchlorure gazeux de chrome dans de l'alcool absolu, il en est absorbé, pendant que la liqueur s'échauffe fortement, et ordinairement les bulles entrantes prennent feu avec une flamme blanche. Il se dépose une poudre d'un brun vert, et la liqueur prend très-sensiblement une odeur semblable à celle de l'hydro-bicarbure de chlore. Mais en la mêlant avec de l'eau, même après l'avoir rendue fumante, on ne peut en séparer l'éther.

---

## Lettre *de M.* Navier *à M.* Arago.

Mon cher confrère,

Vous avez la complaisance d'accueillir de nouvelles remarques à l'occasion de la discussion qui s'est élevée entre M. Poisson et moi, et de les publier dans votre journal, qui, par la supériorité des lumières et de la raison de ses rédacteurs, aussi-bien que par leur noble impartialité, a acquis à si juste titre l'estime des amis des sciences. Je dois craindre d'abuser de l'indulgence

de vos lecteurs ; cependant M. Poisson ayant insisté sur les critiques qu'il m'avait adressées, et les ayant appuyées par quelques développemens, cette discussion serait tronquée si je n'ajoutais quelque chose aux réponses que je lui avais adressées. Les détails dans lesquels je vais entrer ne seront pas sans utilité pour les personnes qni voudront étudier cette matière, et entreprendre la lecture du Mémoire de M. Poisson sur l'équilibre et le mouvement des corps élastiques.

Je suis obligé de contredire d'abord cette assertion de l'auteur, que je n'ai point donné l'expression du coefficient désigné par $\varepsilon$ dans mon Mémoire, en fonction des actions supposées exister entre les molécules. On peut voir cette expression dans le n° 3, où elle est ainsi écrite :

$$\varepsilon = \int_0^\infty d\rho . \rho^4 f\rho . \frac{2\pi}{15}.$$

Mais, avant d'insister sur ce point, il convient d'examiner les principes au moyen desquels M. Poisson a traité la question dont il s'agit, et d'apprécier la difficulté qu'il assure avoir signalée et résolue.

D'après la manière dont l'auteur a établi ses calculs, il paraît admettre qu'entre deux molécules quelconques d'un corps dont la distance est $r$, il existe une action représentée par $fr$. Cette action est indépendante de l'état physique du corps ; en sorte que, quand la figure du corps a été changée par des forces, deux molécules, dont la distance est $r$, exercent encore l'une sur l'autre la même action $fr$.

Pour jeter plus de clarté sur son travail, M. Poisson a pensé judicieusement qu'il convenait de donner, par

un exemple, une idée de la fonction désignée par $fr$; et cet exemple (page 13) est l'expression

$$ab^{-\left(\frac{r}{n\alpha}\right)^m},$$

où $a$, $b$, $m$, $n$ sont des constantes. Ici le lecteur commence à être fort embarrassé : en effet, la fonction précédente, quand on aura fixé le signe de la constante $a$, sera toujours positive ou toujours négative, quelle que soit la distance variable $r$. Donc, dans toute l'étendue du corps, toutes les molécules, considérées deux à deux, s'attirent mutuellement, ou bien toutes ces molécules se repoussent mutuellement. Or, si le corps est dans ce qu'on nomme l'état naturel, c'est-à-dire si aucune force étrangère n'agit sur ses parties (comme serait un corps solide non pesant placé dans le vide), comment concevoir que la figure de ce corps se maintienne, si toutes ses parties matérielles s'attirent mutuellement, ou si toutes ces parties se repoussent mutuellement? La nature de la fonction présentée par l'auteur semble donc entièrement incompatible avec la notion d'un corps solide.

L'embarras du lecteur n'est pas moindre lorsqu'il voit (page 42) qu'il est nécessaire que l'on ait l'équation

$$\Sigma\, r^3 fr = 0,$$

$\Sigma$ désignant une somme qui se rapporte à la variabilité de $r$; car cette condition, qui exige que les valeurs de $fr$ soient en partie positives et en partie négatives, exclut totalement la fonction qui a été donnée précédemment pour exemple des formes que $fr$ pouvait affecter.

Nous parvenons à la page 43, citée par M. Poisson, et dans laquelle il établit la difficulté dont il s'agit, en montrant que les quantités qu'il a désignées par $K$ et par $k$ sont nulles en même temps. Toute la force du raisonnement de l'auteur est renfermée dans cette phrase : « Or, si l'on intègre par partie, et si l'on fait « attention que $fr$ est nulle aux deux limites, il en « résultera $k = -K$. » Cette assertion paraît plus propre encore que tout ce qui précède à exciter les doutes du lecteur. En effet, il faut d'abord qu'il supplée à ce qui n'est probablement qu'une inadvertance ou une faute d'impression. Il faut qu'il lise : « Si l'on « fait attention que $r^4 fr$ est nulle aux deux limites, « etc. » De plus, le lecteur ne voit pas la nécessité que $r^4 fr$ soit nulle à la limite correspondante à $r = 0$. Il existe une infinité de formes qui pourraient être adoptées pour la fonction inconnue $fr$, d'après lesquelles cette circonstance n'aurait pas lieu. On est donc ici obligé de penser que la conclusion de l'auteur n'est point fondée ; et qu'il faudrait, pour qu'elle emportât la conviction, qu'il eût commencé par montrer qu'il est nécessaire d'exclure toutes les formes de la fonction $fr$ pour lesquelles on n'aurait point $r^4 fr = 0$ quand $r = 0$.

Il résulte de ce qui précède qu'en adoptant même tous les principes sur lesquels les calculs de M. Poisson sont appuyés, on n'est nullement obligé de conclure avec lui que les quantités $k$ et $K$ deviennent en même temps égales à zéro, lorsque l'on change en intégrales les sommes que ces lettres représentent. Donc la difficulté d'accorder l'état naturel du corps avec l'état varié,

c'est-à-dire, de faire en sorte que $k$ conserve une valeur, tandis que $K$ est nul, n'existe véritablement pas; ou du moins il n'est pas nécessaire, pour la résoudre, de supposer que les quantités $k$, $K$ sont des sommes plutôt que des intégrales : il suffit de supposer que $r^4 fr$ n'est pas nul quand $r=0$. Donc encore on peut être rassuré sur l'exactitude des solutions données par M. de Laplace et par d'autres géomètres, dans lesquelles les actions moléculaires sont représentées par des intégrales.

En revenant maintenant à la manière dont j'ai envisagé la question des corps élastiques, je dois dire qu'elle est entièrement différente des principes adoptés par M. Poisson (principes que je ne connais bien que depuis la publication de son Mémoire); et c'est à tort que M. Poisson dit que son coefficient $k$ est la même chose que mon coefficient $\varepsilon$. Dans l'établissement des calculs qui se trouvent dans mon Mémoire, il est admis 1° que, dans l'état naturel du corps, l'attraction et la répulsion entre deux molécules quelconques se détruisent réciproquement, ou que l'action existant entre ces molécules est nulle; 2° que, dans l'état varié, lorsque la distance primitive $r$ de deux molécules est devenue $r'$, il existe entre ces molécules une action proportionnelle à $r'-r$, et qui décroît d'ailleurs très-rapidement à mesure que $r$ est plus grand, en sorte que cette action est exprimée par $(r'-r).fr$, la fonction $fr$ ayant la propriété de devenir extrêmement petite, dès que $r$ prend une valeur qui n'est pas elle-même très-petite. De cette manière il n'y a aucune difficulté à concevoir l'état naturel d'un corps. On voit que sa

figure actuelle subsiste et se maintient comme un système dans un état d'équilibre stable, où les forces qui s'annulent cesseront de se détruire réciproquement si l'on entreprend de changer les positions respectives de ses parties. Je répète d'ailleurs que je n'ai point prétendu présenter ces principes comme nouveaux. Ils ne diffèrent point de ceux que l'auteur de la *Théorie de la chaleur* a exposés, pages 38 et 39 de ce bel ouvrage, avec la précision et l'élégance qui lui sont habituelles.

La difficulté que s'est faite M. Poisson, et qui me paraît ne pas exister dans ses propres principes, ne s'applique d'ailleurs nullement aux principes différens que j'ai suivis, et qui sont à l'abri des objections qu'il a énoncées. Pour rendre la différence de ces principes plus sensible et plus facile à saisir, je dirai que, dans mes idées, il faut remplacer ce que M. Poisson désigne par $fr$, par zéro; et remplacer également ce qu'il désigne par $fr'$, par $(r'-r)fr$. J'ajouterai que toutes les fois que l'on admettra que, dans l'état naturel d'un corps, deux molécules quelconques exercent l'une sur l'autre une action qui n'est pas nulle (ce qui exige que cette action soit tantôt positive et tantôt négative, pour que la condition $\Sigma r^3 fr = 0$ puisse être satisfaite), il sera nécessaire de montrer, ne fût-ce que par un exemple, la possibilité de l'existence de l'équilibre des parties de ce corps. Il ne suffira pas, pour satisfaire le lecteur, de dire, comme le fait M. Poisson (page 42), que les distances des molécules doivent être telles que la condition précédente soit remplie; il faudra montrer que la chose est possible.

Je me trouve encore obligé de contredire l'assertion

de M. Poisson, que le fait relatif à l'équation de la surface élastique que j'ai cité, est antérieur de beaucoup à la deuxième édition de la Mécanique analytique ; car le premier volume de cette deuxième édition a paru en septembre 1811, et la note de Lagrange est datée de décembre 1811. Ainsi la publication de ce volume est au contraire antérieure à la note. Quant au deuxième volume, où la solution dont il s'agit n'eût pu trouver place que dans un supplément, on sait qu'à l'exception des premières feuilles, ce volume a été imprimé long-temps après la mort de Lagrange, qui n'en avait pas achevé le manuscrit. Donc on ne peut conclure aujourd'hui de ce que cette solution n'a pas été insérée dans la *Mécanique analytique*, que l'auteur n'en ait pas été content. Mais qu'il l'ait été ou non, qu'importe : je ne m'en suis pas moins exprimé d'une manière parfaitement exacte et conforme à la vérité, en disant que cette équation avait été trouvée par Lagrange, d'après un principe imaginé par mademoiselle Sophie Germain : c'est ce que la note de ce grand géomètre a prouvé de la manière la plus évidente.

Venons enfin à l'équation relative au contour de la plaque élastique, que M. Poisson veut trouver inexacte. Comme il a cette fois expliqué les raisons sur lesquelles son opinion est fondée, je puis reconnaître en quoi consiste l'erreur dans laquelle il me paraît être tombé. Cette erreur tient à ce que M. Poisson, en appliquant cette équation à la figure particulière qu'il considère, néglige une opération préalable, qui n'est pas nécessaire dans les applications que j'ai faites, mais qui l'est dans l'application à la figure circulaire. Cette opération

consiste à remplacer respectivement les rapports $\frac{dx}{ds}$ et $\frac{dy}{ds}$ par $\cos\alpha$ et $\cos 6$, en désignant par $\alpha$ et $6$ les angles formés par l'élément $ds$ du contour avec les axes des $x$ et des $y$. Quant à la nécessité de cette opération, qui se représente dans tous les résultats analogues obtenus par l'application du calcul des variations aux questions de mécanique, et que M. Poisson paraît avoir perdu de vue, il me suffira de renvoyer le lecteur à la page 205 du tome 1er de la *Mécanique analytique*, où on la trouve expliquée et démontrée en détail. L'équation dont il s'agit ne peut donc véritablement donner lieu à aucune objection, et elle s'accorde d'ailleurs avec les résultats que MM. Cauchy et Poisson ont donnés dans ces derniers temps. J'ajouterai que, par l'opération dont il s'agit, on ne change point la signification naturelle des différentielles; on leur attribue, au contraire, le sens qui convient à la nature de la question, et de la méthode analytique par laquelle elle est résolue. Cette méthode est si bien connue par les applications que Lagrange en a faites, qu'il serait tout-à-fait inutile d'entrer à cet égard dans de plus grands détails.

Quant à la troisième équation donnée par M. Poisson, qu'il juge nécessaire, mais dont M. Cauchy pense que l'admission est sujette à quelques difficultés (*voyez* ses *Exercices de mathématiques*, tom. III, pag. 346), je me contenterai de remarquer que cette équation ne pouvait nullement résulter des hypothèses d'après lesquelles la question du plan élastique a été traitée dans mon Mémoire.

Agréez, mon cher confrère, l'assurance des senti-

mens de haute considération et d'attachement avec lesquels j'ai l'honneur d'être,

Votre très-humble et très-obéissant serviteur,

NAVIER.

Paris, 18 janvier 1829.

---

## NOTE DU RÉDACTEUR.

La discussion prolongée qui vient de se terminer, et à laquelle, à raison de son importance, nous avons dû ouvrir une libre carrière, exige peut-être quelques remarques de notre part. Il semble en effet résulter des dernières explications de M. Navier que les hypothèses qui servent de base à son analyse ont été jusqu'ici mal saisies. Rappelons le préambule de son Mémoire. « On regarde, dit-il, un corps solide « élastique comme un assemblage de molécules matérielles « placées à des distances extrêmement petites. Ces molé- « cules exercent les unes sur les autres deux actions oppo- « sées, savoir, une force propre d'attraction et une force de « répulsion due au principe de la chaleur. Entre une molé- « cule $M$ et l'une quelconque $M'$ des molécules voisines, il « existe une action $P$ qui est la différence de ces deux forces. « Dans l'état naturel du corps, toutes les actions $P$ *sont* « *nulles ou se détruisent réciproquement*, puisque la mo- « lécule $M$ est en repos, etc. » Ces principes avaient paru à tous les physiciens ceux qu'ils admettent ordinairement. Puisque tous les points du corps sont en équilibre, toutes les forces $P$, en chacun de ces points, se détruisent, ou, en d'autres termes, leur *résultante* est nulle. Voilà le sens qu'il était permis et même naturel de supposer aux paroles de M. Navier. C'est ainsi sans doute que M. Poisson interprétait ce passage, quand il reprochait à l'analyse de son confrère de ne point fournir l'expression du coefficient d'élasticité $\varepsilon$, en d'autres termes, de n'établir aucune relation

entre ce coefficient et les forces qui agissent de molécule à molécule indépendamment de l'état du corps : si les lois de la répulsion calorifique et de l'attraction moléculaire, telles qu'on les admet, nous étaient connues, M. Navier aurait dû pouvoir déduire de son analyse la valeur de ce coefficient.

Ce reproche semble avoir provoqué de la part de M. Navier l'explication que renferme la lettre précédente. Il ne dit plus que, dans l'état naturel, toutes les forces *P* agissant sur une molécule, sont nulles ou se détruisent réciproquement ; il admet que l'attraction et la répulsion entre *deux* molécules quelconques se détruisent toujours, c'est-à-dire, à toute distance, dans l'état naturel du corps, ou que la force *P* est constamment nulle. Ainsi l'équilibre ne résulte pas de la manière dont les forces *P* se combinent : il n'y a point de forces ; et comme cependant, lorsque les molécules sont un peu écartées de leurs positions naturelles, elles exercent l'une sur l'autre, suivant M. Navier, une action proportionnelle à la variation de leur distance, il semble résulter de là, qu'*individuellement*, elles agissent d'une manière différente, suivant qu'on les considère quand le corps est ou n'est pas soumis à l'action de forces extérieures.

Dans cette hypothèse, que les physiciens adopteront peut-être difficilement, il n'y a plus à chercher de rapport entre les forces développées dans l'état varié et celles qu'on admettait dans l'état naturel du corps, état où, suivant M. Navier, il n'existe plus de forces. Ainsi M. Poisson, interprétant les idées de M. Navier comme on le fait ordinairement, lui adressait un reproche qui devient sans objet ; mais n'en résulte-t-il pas des difficultés bien plus graves ? Il resterait, en effet, à faire voir comment M. Navier peut entendre la constitution d'un corps dont *tous* les points matériels sont, dans l'état naturel, sans action les uns sur les autres.

M. Poisson, en posant les bases de son analyse, ne s'est pas écarté des idées reçues par les physiciens sur la consti-

tion des corps. Il suppose que l'attraction moléculaire et répulsion calorifique décroissent l'une et l'autre avec la stance, d'une manière continue, mais suivant des lois fférentes, en sorte que ces deux forces ne sont égales que our une distance déterminée : l'une l'emporte toujours pour e moindres distances ; au-delà c'est l'autre qui devient pré-ondérante. On conçoit ainsi et l'équilibre autour de chaque oint, et les forces qui naissent du déplacement des molé-ules. Pour donner un exemple de la manière assez lente 'abord, ensuite très-rapide, dont l'action moléculaire et la épulsion due à la chaleur s'affaiblissent avec la distance, I. Poisson suppose que chacune de ces forces peut être xprimée par une fonction exponentielle.

Telles sont les hypothèses qui servent de fondement à l'ana-yse de M. Poisson. Il semble que M. Navier n'aurait dû, lans la lettre qu'on vient de lire, ni confondre la fonction xponentielle avec la *différence* de deux semblables fonc-ions, ni supposer le lecteur embarrassé pour comprendre qu'on ne pouvait avoir choisi une simple exponentielle, dont e signe ne change pas, pour représenter une action qui doit nécessairement changer de signe.

L'embarras du lecteur ne sera sans doute pas plus grand en voyant, dans le Mémoire de M. Poisson, que l'on doit avoir $\Sigma r^3 fr = 0$, $fr$ étant une différence de deux fonctions expo-nentielles. Mais M. Navier continue à raisonner, comme si M. Poisson représentait par $fr$ une seule de ces deux fonctions.

Il serait peut-être plus difficile de concilier ce que dit M. Navier (voyez la lettre précédente), relativement à l'état naturel d'un corps dans lequel, suivant lui, il n'existe aucune action entre deux molécules quelconques, avec ce qu'il ajoute un peu plus loin, « que la figure du corps subsiste et se « maintient comme un système, dans un état d'équilibre « stable où les forces qui s'*annullent* cessent de se détruire

« réciproquement si l'on entreprend de changer les posi-
« tions réciproques de ses parties. »

M. Navier remarque, en terminant sa lettre, que la date assignée précédemment par M. Poisson à la Note trouvée dans les papiers de Lagrange, n'est point exacte. Cette Note n'est pas antérieure, en effet, à la dernière édition du 1er volume de la Mécanique analytique. Nous devons ajouter que M. Poisson, ayant reconnu lui-même l'erreur dans laquelle il était tombé à cet égard, nous avait le premier engagés à la signaler. Cette erreur, du reste, on se le rappelle, est étrangère au fond de la question, et M. Poisson ne s'en était nullement prévalu, pour se dispenser de combattre l'autorité de Lagrange qu'il avait admise dans toute sa force.

---

## Sur *quelques Combinaisons du proto-chlorure de platine.*

Par G. Magnus.

On obtient, comme on sait, ce proto-chlorure, en chauffant le perchlorure à la température du plomb fondant. S'il est pur, il est insoluble dans l'eau; mais si le perchlorure avec lequel on l'a préparé, n'a pas été suffisamment chauffé, le résidu se dissout dans l'eau avec une couleur brune si foncée que le liquide, quoique clair, paraît entièrement opaque; c'est une dissolution du proto-chlorure de platine dans le perchlorure. En évaporant, il se précipite une poudre brune qui ne se redissout pas dans l'eau, lorsqu'on a enlevé la liqueur surnageante; mais, en ajoutant celle-ci à l'eau, le précipité brun se redissout au moyen de la chaleur. Ce précipité se distingue du proto-chlorure obtenu par la chaleur, tant par sa couleur que, surtout, par sa plus facile solubilité dans l'acide hydro-chlorique; cependant il a exactement la même composition; car, décomposé par l'hydrogène, il laisse la même quantité de métal, savoir, 26,41 pour cent.

La proportion du proto-chlorure dissous par le perchlorure, dépend de la dilution de la dissolution. Après l'évaporation à siccité, on peut redissoudre le résidu par une ébullition soutenue; mais si on employait l'eau froide, il ne se dissoudrait avec le perchlorure qu'une très-petite quantité de proto-chlorure. En répétant plusieurs fois la même série d'opérations, on débarrasse de plus en plus la dissolution du proto-chlorure qu'elle contenait. Le chlorure brun de platine se dissout dans l'acide hydro-chlorique, avec une couleur rouge particulière, et en telle quantité qu'on pourrait croire qu'il se forme une combinaison semblable à celles que Boullay a signalées entre l'acide hydro-chlorique ou l'acide hydriodique, et d'autres chlorures ou iodures métalliques.

Si on ajoute à cette dissolution du chlorure de potassium, on obtient un sel rouge en cristaux prismatiques, qui, analysé par l'hydrogène, a donné,

| | |
|---|---|
| Platine | 46,74; |
| Chlore | 17,47; |
| Chlorure de potassium | 35,79; |

ou un atome de proto-chlorure de platine, et un atome de chlorure de potassium. Ce sel est très-soluble dans l'eau, mais non dans l'alcool. On obtient de la même manière le sel double de potasse et celui d'ammoniaque. Le premier est incristallisable dans l'eau, et très-soluble dans l'alcool; le second cristallise, au contraire, très-bien en cristaux d'un rouge foncé.

Si, à une dissolution de proto-chlorure dans l'acide muriatique, on ajoute de l'ammoniaque en excès, il se précipite, au bout de quelque temps, un sel vert entièrement cristallin, insoluble dans l'eau, l'alcool et même l'acide hydro-chlorique. Il est composé d'un atome de proto-chlorure de platine, et un atome d'ammoniaque ou de

| | |
|---|---|
| Platine | 65,21; |
| Chlore | 23,42; |
| Ammoniaque | 11,34. |

On l'a analysé en le décomposant par le carbonate de soude.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | MIDI. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | THERMOMÈTRE. maxim. | minim. | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 756,90 | + 3,1 | 89 | 755,65 | + 7,0 | 88 | 754,70 | + 8,2 | 80 | 753,56 | + 5,5 | 88 | + 8,2 | + 3,1 | Nuageux. | O. fort. |
| 2 | 753,70 | + 3,8 | 89 | 753,88 | + 6,3 | 82 | 754,24 | + 6,5 | 77 | 756,88 | + 4,5 | 88 | + 6,5 | + 2,5 | Nuageux. | O. fort. |
| 3 | 757,02 | + 2,0 | 90 | 756,24 | + 5,0 | 89 | 755,25 | + 5,0 | 89 | 755,32 | + 4,0 | 90 | + 5,0 | + 1,5 | Couvert. | O. |
| 4 | 753,94 | + 2,5 | 90 | 748,52 | + 3,8 | 89 | 742,82 | + 5,9 | 89 | 738,90 | + 2,6 | 90 | + 5,9 | + 1,3 | Pluie continuelle. | S. O. fort. |
| 5 | 745,50 | + 1,7 | 80 | 746,38 | + 2,2 | 76 | 746,97 | + 1,5 | 76 | 749,15 | + 0,3 | 78 | + 2,2 | + 0,2 | Couvert. | N. très-fort. |
| 6 | 750,72 | — 0,5 | 75 | 749,80 | — 0,6 | 75 | 751,06 | — 0,0 | 70 | 752,30 | — 2,5 | 75 | — 0,0 | — 2,5 | Couvert. | N. E. ext. fort. |
| 7 | 753,15 | — 2,5 | 80 | 753,05 | — 1,7 | 73 | 752,97 | — 2,0 | 76 | 752,68 | — 2,2 | 79 | — 1,7 | — 2,6 | Couvert. | N. E. fort. |
| 8 | 752,32 | — 2,5 | 83 | 751,96 | — 2,2 | 83 | 752,06 | — 2,3 | 80 | 752,67 | — 2,5 | 82 | — 2,2 | — 2,8 | Couvert, grésil. | N. |
| 9 | 752,50 | — 2,5 | 80 | 751,66 | — 0 5 | 80 | 750,85 | — 0,6 | 80 | 749,90 | — 3,0 | 90 | — 0,5 | — 3,8 | Neige fine. | O. |
| 10 | 750,30 | — 4,4 | 88 | 750,46 | — 1,3 | 76 | 750,78 | — 2,0 | 73 | 751,75 | — 6,2 | 83 | — 1,2 | — 7,0 | Très-nuageux. | S. |
| 11 | 753,90 | — 7,5 | 83 | 753,30 | — 4,0 | 78 | 753,53 | — 3,0 | 75 | 753,85 | — 5,0 | 80 | — 3,0 | — 9,2 | Beau. | E. |
| 12 | 753,30 | — 4,1 | 84 | 753,06 | — 2,4 | 82 | 752,73 | — 0,5 | 82 | 753,70 | — 1,2 | 90 | — 0,5 | — 5,0 | Couvert. | N. |
| 13 | 756,12 | — 3,0 | 90 | 756,36 | — 3,5 | 90 | 756,44 | — 3,2 | 90 | 757,32 | — 3,7 | 90 | — 2,5 | — 3,7 | Couv., gout. d'eau. | N. |
| 14 | 757,36 | — 2,3 | 90 | 756,30 | — 1,5 | 90 | 756,20 | — 1,0 | 90 | 756,28 | — 2,5 | 90 | — 1,0 | — 3,4 | Couvert. | N. |
| 15 | 754,17 | — 3,5 | 90 | 753,00 | — 2,2 | 90 | 751,50 | — 2,7 | 90 | 750,09 | — 4,0 | 90 | — 2,2 | — 5,0 | Couvert, brouillard. | N. E. |
| 16 | 748,35 | — 6,5 | 90 | 748,00 | — 6,0 | 90 | 748,10 | — 5,7 | 88 | 749,55 | — 5 9 | 89 | — 5,7 | — 6,5 | Couv, brouill. épais. | N. O, |
| 17 | 752,27 | — 5,0 | 89 | 752,77 | — 3,0 | 80 | 753,00 | — 3,0 | 80 | 755,10 | — 4,0 | 83 | — 3,0 | — 5,5 | Couvert. | S. |
| 18 | 757,65 | — 4,5 | 84 | 758,50 | — 3,5 | 82 | 758,85 | — 5,0 | 84 | 760,14 | — 8,1 | 90 | — 3,5 | — 8,2 | Couvert. | O. |
| 19 | 762,10 | — 7,5 | 90 | 761,92 | — 3,2 | 88 | 761 42 | — 2,2 | 84 | 760,81 | — 6,5 | 90 | — 2,2 | —11,2 | Nuages et vapeurs. | E. |
| 20 | 759,14 | — 3,8 | 90 | 758,54 | — 2,0 | 90 | 757,55 | — 1,0 | 87 | 757,18 | — 5,0 | 90 | — 1,0 | — 6,2 | Couvert, brouillard. | S. O. |
| 21 | 753,91 | — 5,0 | 90 | 752,30 | — 1,2 | 82 | 751,34 | — 2,5 | 77 | 750,00 | — 8,0 | 78 | — 1,2 | — 9,5 | Légèrement couvert. | E. |
| 22 | 747,18 | — 9,2 | 78 | 746.30 | — 7,7 | 70 | 746,05 | — 7,5 | 63 | 745,92 | — 8,2 | 59 | — 7,5 | — 9,5 | Couvert | E. |
| 23 | 743,21 | — 9,5 | 82 | 741,94 | — 9,0 | 79 | 740,96 | —11,0 | 77 | 741.90 | —12,7 | 78 | — 9,0 | —13,5 | Eclaircies. | N. E. |
| 24 | 746,58 | —15,6 | 79 | 747,75 | —11,5 | 72 | 748,68 | — 9,0 | 70 | 750,20 | — 5,5 | 88 | — 5,2 | —17,0 | Nuageux. | O. |
| 25 | 752,14 | — 9,1 | 86 | 751,83 | — 3,6 | 80 | 751,22 | — 3,5 | 82 | 748,20 | — 3,7 | 88 | — 3,5 | —10,2 | Couvert. | S. O. |
| 26 | 739,03 | + 1,7 | 90 | 739,90 | + 5,0 | 88 | 741,45 | + 4,2 | 88 | 740,90 | + 5,0 | 90 | + 5,8 | — 0,8 | Eclaircies. | O. S. O. |
| 27 | 742,87 | + 3,0 | 88 | 742,62 | + 7,2 | 85 | 742,96 | + 7,0 | 85 | 744,03 | + 3,5 | 89 | + 7,5 | + 2,7 | Nuageux. | S. |
| 28 | 746,22 | + 3,5 | 89 | 746,86 | + 8,0 | 84 | 747,76 | + 7,5 | 81 | 750,40 | + 3,2 | 88 | + 8,0 | + 2,6 | Nuages. | O. |
| 29 | 747,40 | + 2,7 | 90 | 744,48 | + 3,6 | 90 | 743,40 | + 4,7 | 90 | 744,06 | + 3,0 | 90 | + 4,8 | + 2,5 | Pluie. | S. |
| 30 | 740 44 | + 1,7 | 90 | 742,82 | + 2,8 | 88 | 746,64 | + 2,5 | 85 | 752,55 | + 2,2 | 87 | + 2,8 | + 1,7 | Couvert. | N |
| 31 | 758,94 | + 1,6 | 88 | 759,38 | + 3 2 | 87 | 760,50 | + 2,5 | 77 | 762,94 | + 0,2 | 79 | + 3,2 | — 0,5 | Couv., gouttes d'eau. | N. |
| 1 | 752,60 | + 0,1 | 84 | 751,76 | + 1,8 | 81 | 751,17 | + 2,0 | 79 | 751,31 | + 0,1 | 84 | + 2,2 | — 1,0 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 755,44 | — 4,8 | 88 | 755,17 | — 3,1 | 86 | 754,83 | — 2,7 | 85 | 755 40 | — 4,6 | 88 | — 2,5 | — 6,4 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 3,920 |
| 3 | 747,08 | — 3,1 | 86 | 746,92 | — 0,3 | 82 | 747,36 | — 0,5 | 79 | 748,28 | — 1,9 | 83 | + 0,5 | — 4 7 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 3,750 |
| | 751,56 | — 2,6 | 87 | 751,15 | — 0,5 | 83 | 750,67 | — 0,4 | 82 | 751,56 | — 2,1 | 85 | + 0,1 | — 4,6 | Moyennes du mois, | + 2,0. |

# SUITE

## *Des Recherches sur l'élasticité des corps qui cristallisent régulièrement.*

PAR M. FÉLIX SAVART.

### § III. *Analyse du cristal de roche, par le moyen des vibrations sonores.*

Le cristal de roche se présente le plus ordinairement sous la forme d'un prisme hexaèdre terminé par des pyramides à six faces (*fig.* 1, *pl.* 2). Quoique cette substance ne puisse pas être clivée par les moyens ordinaires, on admet, par analogie, que sa forme primitive est un rhomboèdre tel que celui qu'on obtiendrait si le cristal était susceptible d'être clivé parallèlement à trois faces non-adjacentes de la pyramide, telles, par exemple, que $aXb$, $eXf$, $cXd$ et leurs parallèles $a'Yb'$, $e'Yf'$, $c'Yd'$. L'exactitude de cette induction se trouve d'ailleurs confirmée par une expérience très-simple qui consiste à faire rougir un prisme de cristal de roche et à le refroidir subitement : opération qui en détermine la fracture, et qui, le plus souvent, donne pour résultat des morceaux de cristal qui ont la forme de rhomboèdres.

En partant de ces notions qui nous sont fournies par la minéralogie, il est clair que des lames circulaires prises parallèlement ou perpendiculairement à l'axe, parallèlement à une face clivable ou non-clivable de la pyramide, etc., doivent, par rapport aux vibrations sonores, présenter des phénomènes différens, puisque,

pour ces diverses directions, la cohésion et l'élasticité ne sont pas les mêmes. En conséquence, pour simplifier autant que possible l'examen de ces phénomènes, nous avons fait tailler, dans divers morceaux de cristal de roche, un nombre considérable de lames circulaires prises d'abord dans les divers azimuts d'un plan perpendiculaire à l'axe, fig. 2 et 2 bis; ensuite, suivant les azimuts d'un plan perpendiculaire à deux faces parallèles de l'hexaèdre, et passant par son axe, fig. 3 et fig. 3 *bis*; enfin, suivant les divers azimuths d'un plan passant par l'axe et par deux arêtes opposées du cristal, fig. 4 et 4 *bis*.

Comme il était nécessaire de légitimer par des faits cette disposition générale des expériences, il était indispensable de constater d'abord que l'état élastique du cristal est le même pour tous les plans parallèles aux faces naturelles de l'hexaèdre, et ensuite, qu'il est aussi le même pour tous les plans perpendiculaires aux précédens et passant par l'axe, quoiqu'il soit différent pour ces derniers et pour les premiers; enfin, il fallait vérifier si, en effet, les lames taillées parallèlement aux faces $aXb$, $eXf$, $cXd$ de la pyramide étaient susceptibles d'affecter les mêmes modes de division, et si ces modes étaient différens de ceux des trois lames taillées parallèlement aux faces $bXc$, $dXe$, $aXf$, ceux-ci étant d'ailleurs semblables entre eux. L'expérience ayant montré qu'en effet les choses se passent de cette manière, il est évident que toutes les séries de lames perpendiculaires à un plan normal à deux faces parallèles quelconques du prisme, et passant par son axe, doivent présenter des phénomènes identiques pour les mêmes degrés

d'inclinaison, et qu'il doit en être de même pour les séries de lames perpendiculaires à un plan quelconque passant par deux arêtes opposées de l'hexaèdre. Toutes les lames que nous avons employées ont 1 ligne d'épaisseur et 23 ou 27 lignes de diamètre; elles ont été travaillées avec beaucoup de soin, et elles sont polies, afin qu'on puisse comparer les phénomènes qu'elles produisent, par rapport à la lumière, avec ceux qu'elles présentent relativement aux vibrations sonores. Enfin, quoiqu'elles aient été prises dans cinq ou six cristaux différens et de divers pays, on peut supposer qu'elles appartenaient à un même morceau de quartz, parce que, chaque fois qu'il fallait passer d'un cristal à un autre, on prenait la précaution de faire tailler dans le nouveau un certain nombre de lames destinées seulement à servir de repère avec les expériences déjà faites; et, par ce procédé, on a pu s'assurer que des cristaux d'un aspect très-différent, tels que ceux de Madagascar et du Dauphiné, ne présentaient cependant pas de différences notables dans leur structure.

Avant de passer à la description des phénomènes qui se rapportent à chaque série de lames, nous remarquerons que, dans toutes les figures, la ligne $xy$ représente l'axe même du cristal, lorsqu'il est contenu dans le plan de la lame, ou sa projection dans le cas contraire, et que la position de cet axe a été déterminée avec beaucoup de soin, pour chaque lame en particulier, au moyen de la lumière polarisée; de sorte qu'avec cette donnée et les détails dans lesquels nous entrerons, on pourra toujours se figurer facilement la position occupée par une lame quelconque, dans l'intérieur de la masse du cristal.

1^re^ Série. *Lames parallèles à l'axe de l'hexaèdre.*

Si nous considérons d'abord les lames I, V, IX, fig. 2 et 2 *bis* qui sont parallèles aux faces de l'hexaèdre, nous voyons qu'elles affectent exactement les mêmes modes de division : l'un de ces modes, celui qui est indiqué par des lignes ponctuées, est composé de deux lignes nodales qui se croisent rectangulairement, tandis que l'autre ressemble aux deux branches d'une hyperbole, à laquelle les deux lignes précédentes serviraient d'axes. Le son du premier système étant *fa*, celui du second est le *re*♯ de la même octave. Ainsi, dans une lame quelconque prise parallèlement aux faces de l'hexaèdre, l'une des lignes nodales du système rectangulaire correspond toujours à l'axe même du cristal. Ici tout se passe comme dans les lames composées de fibres parallèles et qui contiennent dans leur plan au moins l'un des axes d'élasticité ; mais il n'en est plus de même pour les lames III, VII, XI perpendiculaires à deux faces parallèles de l'hexaèdre, quoiqu'elles soient d'ailleurs parallèles à l'axe comme les précédentes : au lieu d'un système de lignes croisées rectangulairement et d'un système hyperbolique, elles ne présentent plus que deux systèmes hyperboliques qui paraissent tout-à-fait semblables, et qui cependant s'accompagnent de sons très-différens, puisque l'un des deux fait entendre le *ré*, et l'autre le *fa*♯ de la même octave. Les axes principaux *l m*, *l′ m′* de chacune des deux courbes hyperboliques paraissent se croiser au centre de la lame ; ils sont inclinés l'un sur l'autre de 51° à 52°, de sorte que les branches de ces courbes se croisent entr'elles ; et si, par le centre de la lame, on fait passer

une ligne *o p* qui soit également inclinée sur chacun des axes *l m*, *l′ m′*, et qu'on suppose que cette ligne soit la trace d'un plan perpendiculaire à la lame, ce plan sera pour la lame III, parallèle à la face *e X f* de la pyramide, fig. 1re; pour la lame VII à la face *a X b*, et enfin, pour la lame XI à la face *c X d*; de sorte qu'il faut conclure de là que les six faces de la pyramide ne jouissent pas des mêmes propriétés, et que les trois que nous venons d'indiquer jouent un rôle important dans le phénomène qui nous occupe. Il est à remarquer que les modes de division de ces lames sont exactement les mêmes que ceux de la lame n° 3 de la fig. 14, pl. 1re, qui ne contient aucun des axes d'élasticité dans son plan. Maintenant, si l'on considère les lames II, IV, VI, VIII, X, XII, intermédiaires aux précédentes et à celles qui sont parallèles aux faces de l'hexaèdre, on leur trouve aussi des propriétés qui semblent tenir de celles des unes et de celles des autres, soit pour la distribution des lignes nodales des deux systèmes, soit pour les sons qu'elles font entendre. Ainsi, par rapport au procédé d'exploration dont nous faisons usage, toutes les lames parallèles à l'axe ne jouissent pas des mêmes propriétés, tandis que, par rapport à la lumière, elles se comportent, comme on sait, exactement de la même manière.

Quoique ce résultat ait été vérifié plusieurs fois, on conçoit qu'il devenait important de le vérifier de nouveau ; c'est ce que j'ai fait de la manière suivante : j'ai pris, d'une part, deux lames, telles que les Nos I et V, et de l'autre, deux lames telles que les Nos III et VII ; et, après en avoir croisé les axes optiques, j'ai placé successivement chacun de ces couples sur

le trajet d'un large faisceau de lumière polarisée par un verre noir, le plan des lames étant dirigé perpendiculairement aux rayons lumineux, et leurs axes faisant un angle de 45° avec le plan de polarisation. On sait que, si l'on regarde à travers un semblable couple, au moyen d'une tourmaline, dont l'axe soit dans le plan de polarisation, on aperçoit deux systèmes d'hyperboles colorées, dont les teintes paraissent, dans leur succession, suivre sensiblement l'ordre de celles des anneaux de Newton; il ne s'agissait donc que de comparer les phénomènes observés dans les deux cas, et de voir s'ils présentaient quelques différences inaperçues jusqu'ici; mais il a été impossible d'en reconnaître aucune. Pensant que peut-être une augmentation considérable d'épaisseur dans les lames amènerait quelques différences appréciables, j'ai répété l'expérience sur des morceaux de cristal de roche qui avaient jusqu'à huit centimètres d'épaisseur, et je n'ai rien vu qui pût indiquer que toutes les lames parallèles à l'axe ne se comportent pas de même par rapport à la lumière : d'où il faut conclure que ce que l'on peut apprendre sur la structure des cristaux par le moyen de la lumière, n'est pas du même ordre que ce que les vibrations sonores peuvent faire découvrir. Il paraîtrait, d'après ce qui précède, que ce dernier procédé indique plus spécialement l'état élastique et la force de cohésion dans les différens sens de tous les plans de particules intégrantes, tandis que les phénomènes de la lumière, tenant plus spécialement à la forme des particules et à la position qu'elles affectent autour de leur centre de gravité, ils sont, jusqu'à un certain point, indépendans du mode de

jonction des différentes lames dont le cristal est formé.

2$^{me}$ Série. *Lames taillées autour de l'arête* a b, *fig.* 1$^{re}$, *et suivant les divers azimuths du plan* m n X o p Y, *fig.* 3, *normal aux faces* n° 1 *et* n° 4 *de l'hexaèdre et passant par son axe.*

L'un des modes de division de toutes les lames de cette série demeure constamment le même, fig. 3 *bis* ; il est formé de deux lignes droites qui se coupent rectangulairement, et $xy$ l'une de ces lignes est toujours la projection de l'axe du cristal sur le plan de la lame. L'autre mode de division se compose de deux courbes hyperboliques, qui subissent diverses modifications dépendantes de l'inclinaison des lames sur l'axe de l'hexaèdre, et qui sont en général, analogues à celles que nous avons observées pour les deux premières séries des lames qui appartenaient à des corps possédant trois axes rectangulaires d'élasticité.

Le n° 1 représente les deux modes de division de la lame perpendiculaire à l'axe $XY$; ils sont tous les deux composés de lignes droites ; ou, si l'un des deux est formé de deux courbes, leurs sommets sont si voisins l'un de l'autre qu'ils paraissent se confondre. Le cristal de roche étant un cristal à un axe, par rapport à la lumière, il était naturel de présumer que l'élasticité serait égale dans tous les sens du plan de la lame dont il s'agit, et que, par conséquent, cette lame ne pourrait affecter qu'un seul mode de division, jouissant de la propriété de se placer dans une direction quelconque ; mais il n'en est pas ainsi, même dans les lames taillées

avec un soin extrême, et qui, par leurs propriétés optiques, paraissent sensiblement perpendiculaires à l'axe. Néanmoins l'intervalle qu'on observe entre les sons des deux systèmes étant toujours très-petit, et n'étant pas constant dans des cristaux différens, il paraît plus naturel d'attribuer cette différence d'élasticité à une irrégularité de structure, que de supposer qu'elle dépend d'un arrangement déterminé et régulier, d'autant plus que dans les cristaux très-volumineux, comme ceux que j'ai employés, il est bien rare qu'on ne rencontre pas des irrégularités de structure assez notables, même pour qu'on les reconnaisse à l'œil nu.

La lame n° 2 inclinée de 78° sur l'axe présente déjà une différence dans la disposition de ces deux systèmes de lignes nodales; l'un des deux se transforme en deux branches d'hyperbole qui se redressent encore plus dans la lame n° 3 inclinée de 75° sur l'axe, et qui ensuite se rapprochent de nouveau, et deviennent deux lignes droites qui se coupent à angle droit dans la lame n° 4, inclinée d'environ 51° sur l'axe, et qui par conséquent se trouve à très-peu près perpendiculaire à la face $aXb$ de la pyramide, fig. 1; l'inclinaison des faces de la pyramide sur celles de l'hexaèdre étant de 140° 40'.

Les nombres de vibrations qui étaient à très-peu près les mêmes pour le n° 1, qui ne faisait entendre que les sons *re* et *re*+, vont toujours en s'éloignant davantage jusqu'à la lame n° 4, où le plus grave étant *ut*, le second est le *sol* de la même octave, quoique les deux modes de division soient les mêmes que ceux du n° 1. C'est ce son *ut*, donné par l'un des modes de division de la lame perpendiculaire à la face de la pyramide, que j'ai

pris pour terme de comparaison, et auquel se rapportent les sons de toutes les autres lames. A partir de la lame n° 4, le système variable se désunit de nouveau, mais en sens contraire ; les courbes qui le forment vont en se redressant, tandis que leurs sommets s'éloignent, et en même temps les deux sons se rapprochent au point d'être sensiblement les mêmes dans le n° 8, incliné d'environ 12° sur l'axe. Le système hyperbolique cesse ici d'affecter une position déterminée, et il peut, sans que le son subisse aucun changement, se transformer graduellement dans le système rectangulaire qui en forme les axes, de sorte que cette lame paraît être exactement dans les mêmes conditions que le n° 5 de la fig. 8, pl. 1re. Dans un cristal de roche, il y a donc trois plans analogues au précédent, puisque les phénomènes que présentent les lames taillées autour de l'arête *ab* de la base du prisme, seraient, comme je m'en suis assuré, exactement les mêmes que ceux que présenteraient, pour les mêmes degrés d'inclinaison, des lames taillées autour des deux autres arêtes *cd*, *ef*.

Au delà du n° 8, les sons recommencent à s'éloigner l'un de l'autre, et les branches de l'hyperbole continuent à se redresser jusqu'au n° 11, parallèle à la seconde face de la pyramide. Là, la distance entre leurs sommets est plus grande que pour tout autre degré d'inclinaison des lames, et le son du système rectangulaire est le même que celui du même mode de division dans le n° 4 perpendiculaire à la face *aXb* de la pyramide. Enfin, depuis le n° 11 jusqu'à la lame perpendiculaire à l'axe, les sons se rapprochent de nouveau ; ainsi que les sommets des courbes hyperboliques, et en même

temps que les deux systèmes de lignes nodales redeviennent rectangulaires, les sons redeviennent aussi presque les mêmes.

Parmi les lames que nous venons d'examiner, il en est deux qui méritent une attention particulière; ce sont les n$^{os}$ 5 et 11, parallèles aux faces $eXd$ et $aXb$ de la pyramide, et dont l'état élastique est sans doute très-différent, puisque, dans l'une, c'est le système hyperbolique qui donne le son le plus grave, tandis que dans l'autre, c'est le système rectangulaire, et que, d'ailleurs, il y a une grande différence entre les sons qui conviennent à chacun de leurs systèmes nodaux. Les faces $aXb$ et $eXd$ de la pyramide étant opposées, l'une des deux doit être susceptible de clivage, tandis que l'autre ne doit pas se prêter à cette division mécanique; en conséquence, si l'on connaissait celle des deux lames n$^{os}$ 5 et 11, qui jouit de cette propriété, l'on pourrait, par l'examen de ses figures acoustiques, déterminer quelles sont celles des faces de la pyramide qui sont parallèles aux faces du rhomboèdre primitif. Le cristal de roche, ne se prêtant nullement à une division régulière et par couches, dans quelque direction qu'il soit attaqué, il m'a été impossible de reconnaître directement quelle est celle des deux faces $aXb$ ou $eXd$, qui peut être clivée; mais cette question peut être résolue sur la chaux carbonatée ferrifère, substance qui se clive presqu'avec la même facilité que la chaux carbonatée pure, et qui paraît jouir, par rapport aux vibrations sonores, de propriétés en général analogues à celles du cristal de roche. Or, si l'on taille, dans un pareil cristal, deux lames prises, l'une parallèlement à l'une des faces naturelles

du rhomboèdre, l'autre suivant un plan incliné sur l'axe du même nombre de degrés que ces faces, et qui soit en outre incliné également sur deux des faces qui forment l'un des angles solides obtus, on reconnaît que la première jouit des mêmes propriétés que le n° 11, tandis que la seconde a une structure analogue à celle du n° 5; d'où l'on doit conclure, par analogie, que la face *aXb* de la pyramide, fig 1re, est celle qui est susceptible de clivage. Ceci une fois constaté, il n'est pas même besoin, pour distinguer celles des faces de la pyramide qui sont susceptibles de clivage, de tailler une lame parallèlement à l'une de ces faces; il est clair qu'une lame parallèle à l'axe et normale à deux faces parallèles de l'hexaèdre doit suffire pour atteindre ce but. En effet, soit fig. 5 *abcdef*, la projection horizontale du prisme représentée figure 1re; d'après ce que nous venons de dire, *rstv* sera la projection du rhomboèdre primitif : soit encore *ll'* la projection d'une lame parallèle à l'axe et inclinée également sur les deux faces *a* et *f* de l'hexaèdre; d'après ce que nous avons vu plus haut, cette lame affectera le mode de division du n° 3, fig. 2 *bis*, et la ligne *op* sera parallèle au plan *rstu* normal à la lame, c'est-à-dire, à l'un des plans de clivage; ainsi la direction de cette ligne, dans une lame parallèle à l'axe et normale à deux faces de l'hexaèdre, suffit pour faire reconnaître celles des faces de la pyramide qui sont susceptibles de clivage.

Pour compléter tout ce qui a rapport aux transformations des lignes nodales de cette série de lames, il eût été important de déterminer avec exactitude le degré d'inclinaison, sur l'axe, du plan situé entre le n° 3 et le n° 4, pour lequel les sommets des deux

branches de l'hyperbole nodale sont le plus écartés : mais, ayant été arrêté dans ces recherches par la difficulté de me procurer une suffisante quantité de cristal de roche bien pur et régulièrement cristallisé, j'ai été réduit à déterminer ce *maximum* d'écartement sur une autre substance, et j'ai choisi pour cela la chaux carbonatée ferrifère, substance dont la forme primitive est un rhomboèdre qui ne diffère de celui du cristal de roche que par les angles que font entr'eux les plans qui le terminent. Comme nous l'avons déjà remarqué, il y a une assez grande analogie entre les phénomènes que ces deux substances présentent, par rapport aux vibrations sonores, pour qu'on puisse admettre que ce qui arrive dans l'une arrive aussi dans l'autre : ainsi, soit *AE*, fig. 6; un rhomboèdre de chaux carbonatée, dont *A* soit l'un des angles solides obtus; *ABCD* correspondant à la face clivable de la pyramide du cristal de roche, la diagonale *BD* sera la ligne autour de laquelle il faudra supposer que toutes les lames sont taillées; et elles se trouveront par conséquent normales à *ACEG*, représenté à part dans la fig. 7, où les lignes 1, 2, 3... en sont les projections, et indiquent en même temps les angles qu'elles font avec l'axe *AE*. D'abord nous remarquerons que les modes de division de la lame n° 1, fig. 7 *bis*, perpendiculaire à l'axe, sont les mêmes que ceux de la lame correspondante de cristal de roche, et que la lame n° 5, perpendiculaire à *AC*, affecte aussi les mêmes modes de division que la lame perpendiculaire à la face clivable de la pyramide du cristal de roche, ce qui établit une analogie suffisante entre les deux ordres de phénomènes. L'inspec-

tion de la fig. 7 *bis* fait donc voir que les branches de l'hyperbole nodale du n° 3, parallèle à $AG$, par conséquent au plan $BDFH$, sont plus redressées que celles des lames qui la précèdent ou qui la suivent; et, en admettant que ce *maximum* d'écartement ait également lieu dans le quartz pour le plan diagonal correspondant de son rhomboèdre, comme ce plan forme avec la face clivable de la pyramide un angle de 96° 0′ 13″, la lame dont il s'agit serait inclinée de 57° 40′ 13″ sur l'axe du cristal, la face de la pyramide faisant avec cet axe un angle de 38°, 20′; ainsi la projection de cette lame sur le plan $mnXopY$ de la fig. 3 serait la ligne $AB$.

Maintenant que ce *maximum* d'écartement des sommets de l'hyperbole nodale se trouve ainsi déterminé, il est facile de reconnaître une grande analogie entre les phénomènes de la fig. 8, pl. 1re, et ceux de la fig. 3 *bis*, pl. 2; car, en supposant entre les nos 3 et 4 plusieurs lames intermédiaires, celle qui serait inclinée de 57° sur l'axe correspondrait au n° 1 de la fig. 8, pl. 1re; le n° 4 dans le cristal correspondrait au n° 3 dans le bois, et enfin le n° 11, où se trouve un second *maximum* d'écartement des sommets de l'hyperbole, dans les lames de cristal, correspondrait au n° 6 dans le bois; de sorte que les mêmes phénomènes, qui n'embrassent, dans un corps à trois axes rectangulaires d'élasticité, qu'un arc de 90°, pour se reproduire ensuite en sens contraire dans le quadrant suivant, embrassent dans le cristal de roche un arc de 96° 0′ 13″, et ne peuvent pas se reproduire entièrement, parce que des phénomènes semblables à ceux que nous venons d'observer

pour une série de lames taillées autour de $ab$, fig. 1, pl. 2, se retrouvant, pour les mêmes degrés d'inclinaison, dans les deux séries de lames qu'on pourrait tailler autour de $cd$ et de $ef$, tout se confond dans le voisinage de la lame perpendiculaire à l'axe $XY$.

3me Série. *Lames taillées autour de la diagonale* ac, *fig.* 1re, *et suivant les divers azimuths du plan* be′ Yb′eX, *fig.* 4.

Ces lames présentent des phénomènes beaucoup plus compliqués que ceux des deux séries précédentes. On conçoit en effet que cela doit être ainsi, puisque les lames parallèles à deux faces adjacentes de la pyramide affectent des modes de division très-différens, ce qui suppose que leur état élastique diffère aussi beaucoup : par conséquent les lames perpendiculaires au plan qui passe par deux arêtes opposées de l'hexaèdre devront participer des propriétés de l'une et de l'autre. C'est ainsi que les lames perpendiculaires à deux faces parallèles du prisme, et passant par son axe, affectent une disposition de lignes nodales dans laquelle la direction des plans de clivage, parallèlement à l'une des faces de la pyramide, exerce une influence considérable.

Dans les lames de cette série (fig. 4 *bis*), ni l'un ni l'autre mode de division n'est constant; néanmoins, pour qu'on puisse toujours les distinguer facilement entre eux, j'ai continué à les indiquer, l'un par des lignes pleines et l'autre par des lignes ponctuées. Et afin de conserver, dans toutes les lames, la projection $xy$ de l'axe parallèle à l'axe X$Y$ de la fig. 1re, j'ai sup-

posé ici que le cristal avait été tourné sur lui-même jusqu'à ce que son arête *be'* fût devenue antérieure. Ce qui se trouve d'ailleurs suffisamment indiqué par la figure *A*, qui représente les modes de division de la lame perpendiculaire à l'axe, ainsi que la section même de l'hexaèdre par un plan parallèle à cette lame.

L'inspection des fig. *A*, *B*, *C*, *D*, *E*..... montre que le système nodal indiqué par des lignes pleines est formé par deux branches d'hyperbole qui se redressent d'abord, et dont les sommets vont en s'écartant, jusqu'à la lame *E*, inclinée de 51° sur l'axe, au-delà de laquelle ils se rapprochent jusqu'à se confondre en *K*, après quoi ils divergent de nouveau jusqu'à la lame *N*, qui est parallèle à l'axe.

Le système nodal indiqué par les lignes ponctuées suit une autre marche ; les sommets des deux courbes qui le composent s'écartent d'abord, mais bientôt ils se rapprochent, et ces courbes se transforment en deux lignes droites dans la lame *E*, où les courbes de l'autre mode de division atteignent leur *maximum* d'écartement : au-delà de ce terme, elles se séparent, mais dans une direction perpendiculaire à celle de leur rapprochement, et elles atteignent leur *maximum* d'écartement vers la lame *H*, pour laquelle les deux systèmes de courbes sont presque semblables ; ensuite elles se rapprochent, et comme celles de l'autre système, elles se transforment en *K* en deux lignes droites qui se croisent à angle droit. Enfin, à partir de ce point, elles divergent de nouveau jusqu'à la lame *N* pour laquelle les deux systèmes redeviennent égaux, en affectant, par rapport à l'axe du cristal une direction différente de celle

qu'ils avaient prise en *I* et en *H*. Je remarquerai que le cristal de roche m'ayant manqué sur la fin de mes expériences, je n'ai pas pu faire tailler la lame *K*; mais les transformations des lignes nodales indiquent si clairement qu'il doit y avoir une lame qui présente ces modes de division, que je n'ai pas hésité à en admettre l'existence.

La marche que suivent les deux sons, dans cette série de lames, est beaucoup plus simple que celle des figures nodales : d'abord ceux du système ponctué s'abaissent, à partir de la lame *A* jusqu'à la lame *E* inclinée de 51° sur l'axe, et qui donne le son *ut*, comme la lame n° 4, fig. 3 *bis* inclinée du même nombre de degrés sur l'axe; ensuite le son de ce système monte graduellement jusqu'à la lame *N* parallèle à l'axe où il atteint son *maximum* d'élévation. Quant aux sons de l'autre série de modes de division, on voit qu'ils montent graduellement depuis la lame perpendiculaire à l'axe jusqu'à *K*, où les systèmes nodaux sont tous deux composés de lignes croisées rectangulairement, et qu'ensuite ils redescendent de nouveau jusqu'à la lame *N* parallèle à l'axe. Il est clair qu'il n'est pas nécessaire d'examiner les lames telles que *A*, *B'*, *C'*, *D'*, fig. 4, puisqu'elles doivent présenter les mêmes phénomènes que leurs correspondantes *A*, *B*, *C*, *D* : seulement, ce qui était incliné à droite de l'axe dans les lames *B*, *C*, *D* se trouverait incliné à gauche dans les lames *B'*, *C'*, *D'*.

Il n'est aucun des modes de division de cette série qui ne soit analogue à quelqu'un de ceux qui nous ont été offerts par les corps dans lesquels il y a évidemment trois axes rectangulaires d'élasticité; néanmoins, considérées

dans leur ensemble, les transformations que nous venons de décrire offrent des particularités qui n'existent pas dans la quatrième série des lames de bois, fig. 14, pl. 1re. La plus frappante consiste en ce que, dans les transformations de cette dernière série, aucun des systèmes, à l'exception du premier et du dernier, n'était rectangulaire, tandis que, dans le cristal de roche, ce mode de division peut s'établir.

## RÉSUMÉ.

*Premièrement.* L'élasticité de toutes les diamétrales d'un plan quelconque perpendiculaire à l'axe d'un prisme de cristal de roche, peut être considérée comme étant sensiblement la même.

*Deuxièmement.* Tous les plans parallèles à l'axe sont loin de posséder le même état élastique ; mais si l'on prend trois quelconques de ces plans, en s'astreignant seulement à cette condition, que les angles qu'ils forment entre eux soient égaux, alors leur état élastique est le même.

*Troisièmement.* Les transformations des lignes nodales d'une série de lames taillées autour de l'une des arêtes de la base du prisme sont tout-à-fait analogues à celles qu'on observe dans une série de lames taillées autour de l'axe intermédiaire dans les corps qui possèdent trois axes inégaux et rectangulaires d'élasticité.

*Quatrièmement.* Les transformations d'une série de lames perpendiculaires à l'un quelconque des trois plans qui passent par deux arêtes opposées de l'hexaèdre sont, en général, analogues à celles d'une série de lames taillées

autour d'une ligne qui partage en deux parties égales l'angle plan compris entre deux des trois axes d'élasticité dans les corps où ces axes sont inégaux et rectangulaires.

*Cinquièmement.* Au moyen des figures acoustiques d'une lame taillée dans un prisme de cristal de roche, à peu près parallèlement à l'axe, et non parallèlement à deux faces de l'hexaèdre, on peut toujours distinguer quelles sont celles des faces de la pyramide qui sont susceptibles de clivage. L'on peut encore arriver au même résultat par la disposition des modes de division d'une lame prise à peu près parallèlement à l'une des faces de la pyramides.

*Sixièmement.* Quelle que soit la direction des lames, l'axe optique ou sa projection sur leur plan y occupe toujours une position qui est liée intimement avec l'arrangement des lignes acoustiques : ainsi, par exemple, dans toutes les lames taillées autour de l'une des arêtes de la base du prisme, l'axe optique ou sa projection correspond constamment à l'une des deux droites qui composent le système nodal formé de deux lignes qui se coupent rectangulairement.

Quoiqu'on découvre sans doute une grande analogie entre les phénomènes que vient de nous offrir le cristal de roche, et ceux que nous avons observés dans les corps où l'élasticité est différente suivant trois directions perpendiculaires entre elles, néanmoins on est forcé de reconnaître que, par rapport au mode d'expérience dont nous faisons usage dans ces recherches, le cristal de roche ne peut pas être mis au nombre des substances à trois axes rectangulaires et inégaux d'élas-

ticité, et encore bien moins au nombre de celles dont toutes les parties sont arrangées symétriquement autour d'une seule ligne droite. En effet, les mêmes phénomènes s'y reproduisent constamment dans trois positions différentes ; et il semble que tout s'y rapporte aux diverses directions de clivage, aux faces et aux arêtes du rhomboèdre primitif. Ainsi toutes les lames taillées parallèlement aux faces naturelles de l'hexaèdre jouissent exactement des mêmes propriétés, et ces propriétés sont très-différentes de celles des lames également parallèles à l'axe, mais qui sont normales à deux faces de l'hexaèdre. De même encore, les lames parallèles aux faces clivables de la pyramide font entendre les mêmes sons et produisent les mêmes figures acoustiques ; tandis que les lames parallèles aux trois autres faces présentent des figures différentes de celles des lames précédentes. Il semblerait donc résulter, de cette identité de phénomènes pour trois positions distinctes, qu'il y a dans le cristal de roche trois systèmes d'axes ou de lignes principales d'élasticité.

Mais, dans cette manière de voir, quelles seraient pour chaque système les directions mêmes de ces axes? C'est ce que l'on peut, jusqu'à un certain point, déterminer en comparant les phénomènes que nous avons observés dans le cristal de roche, avec ceux que le bois nous a présentés. En effet, toutes les lames taillées autour de l'une des arêtes qui résultent de la rencontre d'une face de la pyramide avec la face adjacente de l'hexaèdre, produisant un système nodal composé de deux lignes qui se coupent rectangulairement, dont l'une correspond toujours à l'arête même dont il s'agit, et les transfor-

mations des lignes acoustiques y étant tout-à-fait analogues à celles d'une série de lames taillées autour de l'axe intermédiaire dans le bois, il suit de là que cette arête, qui n'est rien autre chose que la grande diagonale du rhomboèdre primitif, doit être regardée comme l'axe intermédiaire d'élasticité. Ensuite, comme le *maximum* de redressement et d'écartement des branches de l'hyperbole nodale a lieu dans la lame n° 11, fig. 3 *bis*, parallèle à la face clivable de la pyramide, et qu'en même temps cette lame est une limite pour les sons qu'elle fait entendre, il est également naturel de supposer qu'elle doit encore contenir dans son plan un autre axe d'élasticité, qui ne peut correspondre qu'à la seconde des lignes nodales croisées, c'est-à-dire, à celle qui sert de second axe à l'hyperbole nodale, et qui est en même temps la petite diagonale de la face losange du rhomboèdre primitif. Cette ligne peut donc être considérée comme l'axe de plus grande élasticité de chaque système. Enfin, en suivant la même analogie, comme la lame qui est taillée parallèlement au plan diagonal dont l'intersection avec la face losange du rhomboèdre en forme la grande diagonale, est encore un *maximum* d'écartement pour les sommets de l'hyperbole nodale, il en faut conclure que ce plan contient l'axe de moindre élasticité, et en même temps, que cet axe est perpendiculaire à l'axe intermédiaire, et forme avec celui de plus grande élasticité un angle de 57° 40′ 13″, puisque telle est l'inclinaison de la face du rhomboèdre sur le plan diagonal. Ainsi, premièrement, l'axe de plus grande élasticité et l'axe intermédiaire sont contenus dans le plan qui forme la face du rhomboèdre, et ils

sont perpendiculaires entre eux ; deuxièmement, l'axe intermédiaire et l'axe de moindre élasticité sont contenus dans le plan diagonal, et ils sont également perpendiculaires entre eux.

Telles sont les conséquences auxquelles semble conduire l'analogie qu'on observe entre les transformations successives des lignes nodales dans les lames de bois et de cristal de roche. Cependant l'existence simultanée de trois systèmes d'axes d'élasticité dans ce dernier corps, apporte une complication si grande dans les diverses particularités du phénomène, dans la marche des sons particulièrement, qu'on ne pourra déterminer définitivement l'état élastique de cette substance que par une méthode analogue à celle que j'ai employée plus haut pour le bois, c'est-à-dire, en comparant entre eux les nombres de vibrations d'une série de petites verges de mêmes dimensions, et taillés suivant les diverses directions pour lesquelles les expériences précédentes paraissent indiquer que l'élasticité diffère le plus. Sans rien préjuger sur les résultats auxquels ces nouvelles recherches pourront nous conduire, on peut dès à présent prévoir qu'il doit y avoir une grande différence entre le plus grand et le plus petit degré d'élasticité dans le cristal de roche, puisque, parmi les diverses lames de hêtre, substance où ces deux extrêmes sont comme un est à seize, il n'en est aucune dont les sons laissent entre eux un intervalle de plus d'une tierce majeure, tandis que, parmi les lames de cristal, il en est dont les deux sons sont à la quinte l'un de l'autre.

Comme nous l'avons déjà remarqué plus haut, la chaux carbonatée transparente et la chaux carbonatée

ferrifère paraissent jouir de propriétés élastiques qui sont, en général, analogues à celles du cristal de roche; on y reconnaît de même trois systèmes de lignes principales d'élasticité, qui paraissent tout-à-fait semblables entre eux; mais l'extrême facilité avec laquelle la chaux carbonatée se laisse cliver, permet d'y découvrir une particularité qu'on ne peut pas apercevoir dans le cristal de roche, et qui pourra montrer à quoi tient que les lames taillées autour de l'une des arêtes de la base de l'hexaèdre, présentent toutes un système nodal composé de deux lignes croisées rectangulairement.

Comme on sait, le rhomboèdre de la chaux carbonatée est souvent susceptible d'une division mécanique suivant des directions parallèles à ses plans diagonaux; or, ces plans se coupant perpendiculairement deux à deux, l'intersection de chacun de ces couples avec les faces losanges du cristal, forme la grande et la petite diagonale de chacune d'elles, de sorte que, si l'on imagine un plan qui tourne autour de la grande diagonale, il devra toujours rester normal au joint surnuméraire qui passe par la petite. Il résulte de là que, si l'on taille une série de lames autour de cette même ligne, leur structure, considérée dans le sens de leur plan, sera différente suivant deux directions perpendiculaires entre elles; d'où la production des lignes nodales croisées à angle droit comme pour les lames taillées autour de l'un des axes d'élasticité, dans les corps où ces axes sont rectangulaires. Il semblerait donc qu'on pourrait conclure de cette observation que le cristal de roche possède, comme la chaux carbonatée, des plans surnuméraires de clivage dirigés parallèlement aux plans diago-

naux de son rhomboèdre primitif, et que c'est à l'existence de ces joints surnuméraires qu'il faut attribuer les principales particularités de l'état élastique de cette substance.

La seule différence saillante qu'il paraisse y avoir entre la structure de la chaux carbonatée et celle du quartz consiste en ce que, dans la première de ces substances, la petite diagonale du rhomboèdre est l'axe de moindre élasticité, tandis qu'elle est celui de plus grande élasticité dans la seconde. Pour se convaincre de l'exactitude de cette assertion, il suffit de tailler, dans un rhomboèdre de chaux carbonatée, une lame prise parallèlement à l'une de ses faces naturelles, et d'examiner la disposition de ses deux systèmes nodaux, dont l'un se compose de deux lignes croisées rectangulairement, et qui se placent toujours sur les diagonales du losange, contour primitif de la lame, et dont l'autre est formée de deux branches d'hyperbole auxquelles les lignes précédentes servent d'axe (*voy.* fig. 7 *bis*, n° 6); mais avec cette particularité que c'est la petite diagonale qui devient le premier axe de l'hyperbole, tandis qu'elle en est le second dans la lame correspondante de cristal de roche (*voy.* fig. 3 *bis*, n° 11). Ici on peut se demander jusqu'à quel point cette différence de structure peut influer sur les phénomènes de lumière qui sont propres à chacune de ces deux substances, dont l'une est un cristal à double réfraction attractive, et l'autre à double réfraction répulsive.

Il paraît donc résulter de ce rapprochement entre les phénomènes que présentent la chaux carbonatée et le cristal de roche, par rapport aux vibrations sonores que l'arrangement des figures acoustiques et les nombres

de vibrations dont elles s'accompagnent se trouvent toujours liés intimement avec les directions de clivage dans chaque lame ; et l'on peut dire, en général, que si ces directions se coupent à angle droit, dans le plan de la lame, l'un des deux modes de division se composera toujours de deux lignes croisées rectangulairement ; tandis que si elles sont inclinées l'une sur l'autre, les deux systèmes nodaux seront des courbes hyperboliques.

La disposition des lignes nodales sur les lames circulaires de chaux sulfatée vient encore à l'appui de cette conclusion. En effet, les lames minces de cette substance se rompent suivant deux directions inclinées entre elles de 113°,8', et l'expérience montre que les deux modes de division qui peuvent s'y établir, sont deux courbes hyperboliques à peu près semblables, dont l'une paraît avoir pour asymptotes les directions mêmes de clivage, et dont l'autre a pour axe principal celle de ces directions suivant laquelle les lames ne se brisent pas avec netteté ; car il y a, comme on sait, une différence notable dans la manière dont la chaux sulfatée se brise suivant l'une ou l'autre direction. Nous remarquerons, en terminant, que ces modes de divisions sont justement les mêmes que ceux d'un disque de cristal de roche parallèle à l'axe et perpendiculaire à deux faces de l'hexaèdre, et que la moyenne des axes optiques dans la chaux sulfatée y occupe la même position relativement aux courbes nodales, que la projection de l'axe unique de cristal de roche affecte dans celle des lames de cette substance dont nous venons de parler. (*Voy.* fig. 2 *bis*, n° 3.)

---

Les recherches qui précèdent sont loin, sans doute,

de pouvoir être considérées comme un travail complet sur l'état élastique du cristal de roche et de la chaux carbonatée ; néanmoins nous espérons qu'elles suffiront pour montrer que le mode d'expérience dont nous avons fait usage pourra devenir, par la suite, un moyen puissant pour étudier la structure des corps solides cristallisés régulièrement ou même confusément. C'est ainsi, par exemple, que les relations qui existent entre les modes de division et la forme primitive des cristaux permettent de présumer qu'on pourra, par les vibrations sonores, déterminer la forme primitive de certaines substances qui ne se prêtent nullement à une simple division mécanique. Il est également naturel de penser que des notions moins imparfaites que celles qu'on possède sur l'état élastique et de cohésion des cristaux, pourront jeter du jour sur beaucoup de particularités de la cristallisation : par exemple, il ne serait pas impossible que les degrés de l'élasticité d'une substance déterminée ne fussent pas exactement les mêmes, pour une même direction rapportée à la forme primitive, lorsque d'ailleurs la forme secondaire est différente ; et, s'il en était ainsi, comme quelques faits m'induisent à le soupçonner, la détermination de l'état élastique des cristaux conduirait à l'explication des phénomènes les plus compliqués de la structure de ces corps. Enfin, il semble que la comparaison des résultats fournis, d'une part, par le moyen de la lumière, touchant la constitution des corps, et de l'autre, par le moyen des vibrations sonores, doit nécessairement concourir aux progrès de la science de la lumière elle-même, ainsi qu'à ceux de l'acoustique.

---

SUITE

# *Des Recherches sur les métaux qui accompagnent le platine, et sur la méthode d'analyser les alliages natifs ou les minerais de platine.*

PAR J. J. BERZELIUS.

## *Iridium.*

Tennant, et plus tard M. Vauquelin (1), sont les seuls chimistes qui aient fait des expériences sur ce métal, et ce que nous en savons est le résultat de leurs travaux. Cependant on verra combien peu ces travaux pouvaient servir de guide dans une recherche analytique.

*Préparation de l'iridium.* L'iridium se trouve ou comme partie constituante des minerais de platine, ou combiné avec l'osmium en un alliage natif particulier. Dans le premier cas, il est dissous avec le platine par l'eau régale, ou il reste indissous à l'état d'une poudre noire. La séparation de l'iridium d'avec le platine étant le but de l'analyse, je n'en parlerai que dans la description des méthodes analytiques, et je ne m'occuperai ici que de la décomposition de la combinaison de l'iridium avec l'osmium.

Ces deux métaux adhèrent ensemble avec une force qui en effet est étonnante, si l'on fait attention que la place qu'ils occupent dans la série électro-chimique ne paraît pas très-différente.

Chaque tentative pour décomposer cette combinaison doit commencer par la pulvérisation. Elle est en petits

(1) *Annales de Chimie*, t. LXXXIX, p. 202.

grains de grandeur différente, qui sont très-durs et très-compactes. On ne peut les piler dans un mortier de pierre, parce qu'on ne peut y donner des coups assez forts. L'opération se fait mieux dans un mortier d'acier, ou dans un cylindre sur une lame d'acier ; cependant la dureté des grains est telle, qu'ils s'enfoncent dans l'acier et y restent, si les coups sont assez forts. On les pile d'abord autant que possible, et ensuite on les porphyrise, jusqu'à ce que l'on puisse étendre la poussière sur la main, comme du graphite. Quand ils sont une fois écrasés, la porphyrisation en est assez facile. Il faut donner beaucoup de soin à cette opération, parce que la poudre fine est bientôt décomposée, tandis que la grossière n'est que faiblement attaquée. La poudre étant ainsi obtenue, on la fait bouillir avec l'acide muriatique, qui dissout le fer avec effervescence ; on décante la solution du fer et on lave bien la poudre.

J'avais cru pouvoir éviter cette opération pénible, en fondant 1 partie de l'alliage d'osmium et d'iridium avec 6 parties de bismuth à une chaleur si forte, qu'un quart du bismuth se volatilisa. Je m'attendais que, en dissolvant le bismuth dans l'acide nitrique, l'alliage d'osmium et d'iridium resterait dans un grand état de division ; mais les grains ne furent pas changés, ils avaient seulement perdu un peu de leur poids.

La poudre n'est pas attaquée sensiblement en la chauffant dans l'oxigène ou dans le chlore. On peut rendre solubles les métaux de deux manières ; en les fondant avec le perchlorure double de platine et de sodium, ou avec le nitre.

Je ne recommanderai pas la première de ces méthodes,

parce qu'elle a l'inconvénient de souiller les deux métaux de platine ; cependant je crois que l'expérience que j'ai faite mérite d'être citée.

Deux parties de la poudre métallique furent mêlées avec trois parties de chlorure anhydre et introduites dans une cornue en verre qu'on chauffa pendant deux heures au bain de sable, à une température aussi élevée qu'elle put la supporter. L'osmium et l'iridium séparent, quoique incomplètement, le platine, et se combinent avec le chlore et le sodium. D'après ce qu'on savait jusqu'à présent de l'osmium, on aurait pu croire que le chlorure d'osmium se serait volatilisé, et que l'iridium serait resté à l'état de chlorure double ; mais cela n'a pas lieu. On trouve, il est vrai, dans le col de la cornue un chlorure vert d'osmium, et, plus en arrière, un sublimé rouge de chlorure d'iridium ; mais la quantité de tous les deux est très-petite. Le sel fondu se dissout très-facilement dans l'eau avec une couleur brune si foncée, que la solution est presque tout-à-fait opaque. Ce qui ne se dissout pas est du platine en petites paillettes luisantes ; mais elles contiennent aussi une combinaison de platine avec l'osmium et l'iridium, qu'on ne peut détruire par la voie humide que très-difficilement. La solution sentait l'oxide d'osmium ; étant mêlée avec de l'eau régale et distillée, il se volatilise de l'oxide d'osmium avec l'eau ; cependant la plus grande partie de l'osmium reste dans le sel. Si, après avoir desséché le sel et l'avoir broyé avec du carbonate de soude, on le distille dans une cornue en verre, il se dégagera du gaz acide carbonique et un peu d'oxigène, et il se sublimera de l'oxide d'osmium. Une partie de

oxide suit cependant l'acide carbonique, qui pour cela
oit être absorbé par l'ammoniaque. Le sel resté dans
a cornue est encore mêlé d'oxide d'iridium et de platine
nétallique. Le sel étant enlevé par l'eau, on traite le
ésidu par l'eau régale, qui dissout le platine avec un
eu d'iridium, et laisse indissous l'oxide d'iridium,
equel, réduit par l'hydrogène, donne l'iridium métal-
ique.

La décomposition par le nitre est la meilleure et ne
aisse presque rien à désirer. On mêle la poudre fine
vec son poids ou un peu moins de nitre, qu'on a fondu
vant, pour qu'il ne contienne pas d'eau. On introduit
e mélange dans une petite cornue de porcelaine, à la-
quelle on adapte un récipient tubulé portant un tube
qui plonge dans un flacon contenant de l'ammoniaque
étendue. On chauffe la cornue d'abord très-doucement,
et on évite que le dégagement de gaz ne devienne trop
violent, parce qu'alors la masse monte aisément. Vers
a fin, on augmente la chaleur jusqu'à l'incandescence.
Quand il n'y a plus de dégagement de gaz, l'expérience
est terminée.

Le sel est dissous dans l'eau froide, et la solution est
introduite dans un flacon bouché à l'émeri, dans lequel
on met de l'acide muriatique et beaucoup d'acide
nitrique, afin qu'elle devienne très-acide. Elle sent
alors fortement l'oxide d'osmium. On met la liqueur
claire dans une cornue et on la distille, en lutant bien
les jointures et en refroidissant beaucoup le récipient.
La partie non dissoute est de même mêlée avec de l'acide
nitrique et de l'acide muriatique, et distillée dans une
autre cornue. La liqueur qui passe à la distillation con-

tient, comme dans l'opération précédente, de l'osmium, et le résidu dans la cornue retient l'iridium avec une portion d'osmium.

Il faut séparer la liqueur claire de la matière insoluble pour éviter les soubresauts, pendant l'ébullition, qui jettent facilement une partie de la solution d'iridium dans le récipient. On ne peut filtrer les solutions alcalines à travers le papier, parce qu'elles en sont désoxigénées en partie ; le papier se colore en vert, et les liqueurs passent très-lentement. L'acide nitrique est ajouté en excès pour détruire les chlorures doubles de l'osmium, et amener ce métal à l'état d'oxide volatil.

Ce qui reste dans les deux cornues après la distillation étant filtré, on ajoute du chlorure de potassium, et on évapore pour chasser les acides muriatique et nitrique en excès. La masse saline sèche est bien mélangée avec du sous-carbonate de soude, et chauffée dans une cornue, comme je l'ai déjà dit, et l'oxide d'osmium qui se volatilise, est recueilli ; on dissout ensuite le sel dans l'eau, et l'oxide d'iridium reste. Quand on y soupçonne du platine, on l'enlève avec l'eau régale. Quelquefois il contient un peu de rhodium, qu'on sépare en le fondant avec le sulfate acide de potasse.

Après toutes ces opérations, l'iridium retient néanmoins opiniâtrément une portion d'osmium. On ne l'en peut délivrer qu'en le réduisant par l'hydrogène à une chaleur très-douce, et en le chauffant ensuite à une chaleur rouge obscure à l'air libre, tant qu'on sent l'oxide d'osmium. Il faut réduire et oxider plusieurs fois l'iridium pour le débarrasser entièrement d'osmium, ce qui ne se fait que très-difficilement et très-lentement.

Si on chauffe jusqu'à l'incandescence, les deux métaux se combinent de nouveau intimement, s'agglomèrent, et l'osmium ne peut plus être brûlé.

Pour obtenir tout l'osmium, j'ai fait rougir doucement l'iridium dans un courant d'oxigène et j'ai conduit le gaz dans l'ammoniaque caustique. Quand l'iridium contient beaucoup d'osmium, cette méthode est bonne, mais elle ne vaut plus rien si on veut séparer les dernières portions d'osmium. On peut aussi séparer la plus grande partie de l'osmium en chauffant doucement le métal dans le chlore; il suit alors le gaz sans se condenser, et doit être recueilli dans l'ammoniaque caustique. Je dirai plus tard, en parlant de l'oxide volatil d'osmium, comment on reconnaît que l'iridium ne contient plus d'osmium.

L'iridium, réduit par l'hydrogène, est gris, métallique et tout-à-fait semblable au platine obtenu du muriate ammoniacal de platine. Il est insoluble dans l'eau régale, dans l'acide sulfurique et dans le bisulfate de potasse. Il a une grande affinité pour l'oxigène, de sorte qu'il s'oxide en le chauffant au rouge dans un grand état de division, et se change en oxide d'iridium. Dans un état plus compacte, tel, par exemple, qu'on l'obtient en le chauffant jusqu'à l'incandescence dans l'oxigène, il s'oxide moins facilement. Chauffé à une forte chaleur à l'air libre, avec la potasse caustique ou carbonatée, il s'oxide et se combine avec l'alcali, qu'il colore en jaune. Si on ajoute du nitre, l'accès de l'air n'est pas nécessaire. A une forte chaleur rouge, il décompose le nitre, et l'oxide se combine avec sa potasse.

### *Poids de l'atome de l'Iridium et de celui du Platine.*

J'ai déterminé le poids atomistique de l'iridium en réduisant le chlorure noir d'iridium et de potassium par l'hydrogène. Ce chlorure cristallise, comme on sait, en octaèdres réguliers comme le sel de platine correspondant, et est ainsi isomorphe avec lui; aussi a-t-il la même composition atomistique. Cent parties du sel d'iridium, chauffées d'abord doucement dans un courant de chlore, ont perdu dans la réduction par l'hydrogène 29 p. de chlore. Le sel de platine donnant la même perte, ces deux métaux paraissent, comme le cobalt et le nickel, posséder un poids atomistique presque égal. Dans mes expériences antérieures, je déterminai le poids atomistique du platine de la même manière; mais je ne connaissais pas encore les méthodes d'obtenir du platine pur, que je viens d'apprendre par mes recherches; c'est pour cela que j'ai résolu de comparer le poids atomistique du platine pur avec celui de l'iridium.

Le perchlorure de platine et de potassium a été précipité d'une solution alcoolique de perchlorure de platine, par une solution saturée de chlorure de potassium dans l'eau, délivré par des lavages à l'alcool de toute liqueur adhérente, et séché d'abord à l'air, ensuite dans un courant de chlore à une chaleur presque rouge. 6,981 gr. réduits par l'hydrogène, ont perdu 2,024 gr. de chlore. Le platine obtenu pesait 2,822 gr., et le chlorure de potassium 2,135 gr.

On sait que le sel double est composé de

$$KCl^2 + PtCl^4.$$

Si on calcule le poids de l'atome d'après la quantité du chlore, on trouve 1234,34 ; et, d'après le chlorure de potassium, on a 1232,18. Cette différence provient naturellement de l'impossibilité de faire les expériences avec une exactitude absolue, et de petites erreurs qui peuvent se trouver dans le poids de l'atome du chlore et du chlorure de potassium. Peut-être viendrait-on plus près de la vérité en prenant le nombre moyen des deux résultats, 1233,26. La différence entre la quantité du chlore dans le sel de platine 0,2898 et celle dans le sel d'iridium 0,2900, est dans les limites des erreurs inévitables d'observation. Je crois ainsi le poids atomistique de l'iridium égal à celui du platine. Il faut avouer que mon iridium n'était pas absolument libre d'osmium ; mais comme ce métal possède à très-peu près le même poids atomistique que l'iridium, une petite quantité contenue dans le sel d'iridium ne peut pas influer d'une manière remarquable sur la quantité de chlore.

### *Chlorures simples et doubles de l'iridium.*

L'iridium se combine avec le chlore dans un plus grand nombre de proportions, qu'aucun des autres métaux ; savoir, avec 2, 3, 4 et 6 atomes. Notre nomenclature manque de noms pour un si grand nombre de combinaisons. J'appelle la première contenant 2 atomes de chlore, proto-chlorure (chlorure) ; celle de 3 atomes, sesqui-proto-chlorure (sesqui-chlorure) ; celle de 4 atomes, perchlorure (chloride), et celle de 6 atomes, sesqui-perchlorure (sesqui-chloride).

*a*) *Perchlorure et ses sels doubles.* L'iridium n'étant dissous par l'eau régale que quand il est allié avec d'au-

tres métaux, par exemple, avec le platine, et même, dans ce cas, qu'en petite quantité, on ne peut former ces sels par la voie humide qu'après l'oxidation du métal par la calcination avec la potasse, ce qui est très-long. Cependant j'ai trouvé que le perchlorure se forme très-aisément quand on chauffe un mélange intime de la poudre fine du métal et de chlorure de potassium ou de sodium au rouge naissant dans un courant de chlore, comme je l'ai décrit en parlant du rhodium. La masse saline est séparée par l'eau de l'iridium non attaqué, et comme elle pourrait contenir un degré inférieur de combinaison avec le chlore, on ajoute de l'eau régale et on évapore à siccité. L'excès du chlorure de potassium ou de sodium peut être ôté par de petites portions d'eau; car le sel double est insoluble dans une solution de ces sels. On le dissout alors dans l'eau bouillante, et on évapore à cristallisation en ajoutant un peu d'eau régale, parce que les circonstances les plus insignifiantes peuvent le réduire en sesqui-proto-chlorure.

Ce sel est noir, comme M. Vauquelin l'a déjà remarqué, et cristallise en octaèdres réguliers, qui ne contiennent point d'eau. Comme il a de plus la composition atomistique du sel de platine correspondant, il s'ensuit que l'iridium et le platine sont isomorphes. Ce sel, quoique noir, donne une poudre rouge. Il est insoluble dans l'alcool, et peut être précipité par ce liquide de ses solutions. Le précipité est, selon la grandeur des grains, d'un brun-noir, brun ou rouge foncé. On peut le précipiter entièrement quand la liqueur d'où on le précipite, ou l'alcool, contiennent du chlorure de potassium en dissolution. M. Vauquelin dit que ce sel et

le sel ammoniacal correspondant sont très-peu solubles dans l'eau ; mais je n'ai pas obtenu le même résultat. Le sel en poudre se dissout très-vite jusqu'à saturation ; mais, s'il contient du chlorure de potassium ou de sodium, ces sels sont dissous par l'eau, et le sel d'iridium reste comme insoluble dans la liqueur incolore. La solution des sels doubles dans l'eau est jaune en couches minces, et d'un rouge foncé en couches plus épaisses ; c'est pourquoi dans un verre elle est, considérée en masse, d'un beau rouge foncé, pendant qu'elle paraît jaune au bord de sa surface. Ce sel supporte une chaleur rouge faible sans être décomposé et sans se fondre. A une chaleur plus forte, il se change, sans se fondre, dans le sesqui-proto-chlorure, et, à une chaleur encore plus forte et soutenue, il se volatilise du chlore et du chlorure de potassium, et il reste de l'iridium métallique avec une partie du chlorure de potassium. Avec le chlorure de sodium on obtient un sel double noir, qui cristallise ou en tables ou en prismes quadrangulaires terminés par deux plans, et qui est isomorphe avec le sel de platine correspondant. Il contient de l'eau de cristallisation, et est composé de

$$K Cl^2 + Ir Cl^4 + 6 \underline{\dot{H}}.$$

Avec le chlorure d'ammonium, le perchlorure d'iridium forme un sel double semblable au sel de potassium, qui est très-peu soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool. Il se décompose à la distillation sèche et laisse de l'iridium métallique. Sa formule est :

$$\underline{N}\,\underline{H}^4\,\underline{Cl} + Ir Cl^4.$$

Suivant M. Vauquelin, ce sel, délayé dans l'eau dans

laquelle on fait passer du chlore jusqu'à décomposition complète du sel ammoniac, donne le perchlorure; mais il faut bien être en garde contre la formation du chlorure d'azote. On peut aussi obtenir le perchlorure en lavant bien l'iridium calciné avec la potasse et le nitre, traitant par l'eau régale et évaporant à consistance sirupeuse. Il se dépose ensuite une portion de sel double de potasse; on décante la solution concentrée du perchlorure, et on l'évapore pour chasser l'acide en excès. Dans mes expériences, cette solution n'a montré aucun signe de cristallisation; mais elle formait une masse noire, dure et fendillée, qui se détachait du verre et pouvait supporter une forte chaleur sans se décomposer. Le perchlorure se dissout facilement dans l'eau avec la même couleur que les chlorures doubles. Il se dissout aussi dans l'alcool, mais s'y change facilement en sesqui-proto-chlorure. Il retient opiniâtrément l'eau; il donne, par la distillation sèche, de l'acide muriatique, d'où résulte la formation d'oxide d'iridium, et la masse perd sa solubilité dans l'eau. A une chaleur plus forte, il perd du chlore, se réduit d'abord en un chlorure inférieur et enfin en métal.

*b) Sesqui-proto-chlorure et ses sels doubles.* On obtient le sesqui-proto-chlorure en traitant l'iridium, après l'avoir chauffé avec la potasse et le nitre, et l'avoir bien lavé à l'eau bouillante, par l'acide muriatique qui dissout une grande partie de la masse en se colorant en noir-brun. On évapore la solution à siccité, et on enlève le sesqui-proto-chlorure par l'alcool; il reste une portion de son sel double avec le chlorure de potassium. On obtient la même combinaison en chauffant

l'iridium seul ou mêlé avec du nitre dans le chlore ; il se sublime une quantité peu considérable d'une substance d'un brun foncé. Obtenu ainsi, le sel est insoluble dans l'eau ; il le devient aussi, si on le chauffe seul à une chaleur aussi élevée qu'il puisse supporter sans se décomposer. La couleur de la solution du sesqui-proto-chlorure est la même que celle du perchlorure, et n'en diffère que par une nuance qui ne peut être décrite. La dissolution du sesqui-proto-chlorure, contenant la même quantité de sel que l'autre, est plus foncée et tire au jaune-brun; cependant on ne peut guère distinguer les deux dissolutions avec quelque certitude par la couleur.

Le sel double du sesqui-proto-chlorure avec le chlorure de potassium se prépare en mêlant du chlorure de potassium à la solution du premier, ou en chauffant un mélange de perchlorure d'iridium et de potassium avec de l'iridium porphyrisé dans une cornue de verre jusqu'au rouge. La masse ne se fond pas. Si on la traite ensuite par l'eau, pour séparer l'iridium indissous, et si on évapore la solution, un peu de perchlorure double non décomposé cristallise d'abord. On décante les eaux-mères et on les évapore ; mais, en les abandonnant à une évaporation lente, spontanée, elles ne donnent point de cristaux réguliers, mais seulement des végétations sur les bords. Le sel n'est pas noir comme le sel du perchlorure, mais d'un jaune-brun foncé. Quelquefois il tire au bleu ou au vert ; ce qui provient d'un peu de sel de proto-chlorure. Il est presque insoluble dans l'alcool. J'ai déterminé la composition du sesqui-proto-chlorure par l'analyse de ce sel double,

dont j'ai précipité la solution concentrée par l'alcool, pour obtenir le sel pur à l'état solide, quoiqu'il soit impossible de le débarrasser de quelques traces du sel de proto-chlorure ou de perchlorure. Cent parties de ce sel, séchées à une température au-dessus de 100° c. jusqu'à ce qu'elles ne perdissent plus en poids, ont donné, dans deux expériences :

| | | |
|---|---|---|
| Chlorure de potassium... | 32,20 | 31,8 ; |
| Chlore.................. | 23,77 | 24,4 ; |
| Iridium................. | 44,03 | 43,8. |

En comparant la quantité du chlore uni à l'iridium avec celle dans le chlorure de potassium, on trouve qu'elle est $1\frac{1}{2}$ de celle du dernier ; car, dans 32,2 de chlorure de potassium, il y a 15,25 p. de chlore et $15,25 \times 1\frac{1}{2} = 22,865$. La quantité de métal correspond à un atome d'iridium. Ce sel est ainsi composé de

$$KCl^2 + IrCl^3.$$

Le sel soluble avec le chlorure de sodium, obtenu d'une manière semblable, se fond à la chaleur rouge, et se dissout aisément dans l'eau et l'alcool. Les solutions concentrées ressemblent à un mélange de sang des veines et d'eau. Avec le sel ammoniac on obtient un sel double très-soluble, en ajoutant un peu de sel ammoniac à la dissolution du sesqui-proto-chlorure. Il donne une masse saline confuse de couleur jaune-brun foncé.

c) *Proto-chlorure et ses sels doubles.* Lorsque l'iridium, obtenu en réduisant ses sels doubles par l'hydrogène, est exposé au rouge naissant dans un courant de chlore, il l'absorbe, se gonfle et se change en une poudre légère, très-salissante, d'un vert d'olive

foncé, et son augmentation de poids correspond au poids de deux atomes de chlore. Il s'est changé conséquemment en proto-chlorure $IrCl^2$. Si on expose ce proto-chlorure dans une cornue de porcelaine à une forte chaleur, il se décompose; du chlore se dégage, entraînant un peu de sesqui-proto-chlorure et de perchlorure. Si l'iridium contient un peu d'osmium, celui-ci se volatilise aussi, quoique incomplètement. Le résidu est de l'iridium métallique.

Le proto-chlorure d'iridium, préparé de cette manière, est insoluble dans l'eau. L'acide muriatique bouillant en dissout une trace et devient verdâtre. L'eau régale ne le change point et n'en dissout qu'une petite quantité. Cependant le proto-chlorure formé par une autre voie n'est pas tout-à-fait insoluble. Si on le décompose par la potasse, et qu'alors on traite par l'acide muriatique en excès, le chlorure se reproduit, et une partie s'en dissout dans l'excès de l'acide. La couleur de la solution est mélangée de brun, de jaune et de vert. Si on filtre la solution et qu'on l'évapore, elle devient jaune à un certain degré de concentration, et laisse à la fin une masse jaune transparente sur le verre. Le résidu sec, mais pas chauffé fortement, se dissout complètement dans une petite quantité d'eau chaude, avec une couleur jaune; mais, si on étend après la solution avec beaucoup d'eau froide, elle se trouble, et la plus grande partie du proto-chlorure se précipite avec une couleur d'un vert-brunâtre, pendant que la liqueur retient une couleur d'un vert-jaune. Ce phénomène paraît dépendre de ce que le chlorure s'unit chimiquement avec l'acide hydro-chlorique, et donne ainsi

la combinaison jaune, qui peut être évaporée sans perdre sa solubilité, qui est dissoute par une petite quantité d'eau, mais est précipitée par une grande. Des combinaisons semblables de l'acide hydro-chlorique avec les chlorures d'autres métaux sont déjà connues.

Avec le chlorure de potassium on obtient un sel double verdâtre, radié et cristallisé. On le prépare en précipitant une solution du sel double du sesqui-proto-chlorure par l'alcool, et distillant la liqueur alcoolique brunâtre. Une partie de l'iridium se réduit en métal, et une autre se change en proto-chlorure.

Avec le sel ammoniac il forme aussi un sel double; si on verse de l'ammoniaque caustique sur du perchlorure d'iridium et de potassium, il se produit, en quelques momens, une effervescence; il se dégage du gaz azote; la liqueur prend une couleur brune, et il reste une matière presque blanche. En évaporant la liqueur filtrée à siccité, et reprenant le résidu dans très-peu d'eau, il reste encore une portion indissoute de cette matière blanche ou d'un gris blanc. La solution est d'un brun jaunâtre. Si on y verse de l'alcool, il se précipite un sel qui paraît brunâtre dans la liqueur alcoolique, mais qui est d'un gris brun après avoir été séché. Il est soluble dans l'eau, et composé de :

$$IrCl^2 + \underline{N}\,\underline{H}^4 Cl^2.$$

La matière insoluble que l'ammoniaque forme dans le perchlorure d'iridium et de potassium de l'expérience précédente, est, après la dessication, d'un gris blanc, tirant au vert, et un peu soluble dans l'eau, de manière qu'elle diminue par les lavages. En évaporant les eaux

de lavage, elle se reproduit sans altération. Chauffée, elle se fond un peu, se gonfle et se décompose en laissant 56,5 p. c. d'iridium, dont elle contient conséquemment plus que le sel précédent. La proportion relative de ses principes volatils n'a pas été déterminée; je ne puis donc rien dire de certain sur sa composition.

*d) Sels doubles du sesqui-perchlorure.* Si, dans la décomposition de l'osmiure d'iridium, on dessèche la masse traitée par l'eau régale, et qu'on y verse successivement de petites quantités d'eau pour dissoudre le chlorure de potassium qu'elle contient en excès, il arrive ordinairement que la première portion n'est que faiblement colorée; mais la suivante est d'un rose plus ou moins foncé, comme la solution d'un sel de rhodium. En la décantant et ajoutant très-peu d'eau, on peut obtenir plusieurs fois des solutions de couleur de rose, que l'on recueille séparément. Aussitôt que le perchlorure commence à se dissoudre, la couleur tire au jaune, et alors on ne réunit plus ces solutions avec les premières. La liqueur rouge étant évaporée à sec, on broie le résidu, et on le lessive avec de l'alcool à 0,84, qui dissout le chlorure de potassium, et se colore en rouge par un peu de sel d'iridium. Il reste enfin une poudre saline brune, qui se dissout en rose dans l'eau, et qui, soumise à l'évaporation spontanée, cristallise en cristaux quadrilatéraux, bruns, transparens, d'un rouge de rubis, formés de prismes rhomboïdaux, terminés par deux plans. Ce sel ressemble tellement à un sel de rhodium, qu'il serait pardonnable de le croire tel; mais il a une composition toute différente de celle du sel rouge de rhodium et de potassium, et ne con-

tient point de rhodium. 100 parties de ce sel, chauffées tant qu'il s'est montré de l'humidité, ont été réduites par l'hydrogène. On a trouvé 24,17 p. de chlore; 23,92 de métal et 51,91 de chlorure de potassium. En calculant ces résultats, on trouve que la quantité du chlore uni à l'iridium est égale à celle dans le chlorure de potassium. Au contraire, la quantité de métal n'est que les $\frac{2}{3}$ de celle dans le perchlorure d'iridium, et très-près de celle d'un sel de rhodium, où le potassium et le rhodium auraient pris des quantités égales de chlore.

Pour voir si le métal obtenu étoit du rhodium, je l'ai tenu long-temps en fusion avec du sulfate acide de potasse, mais il ne s'en est rien dissous, et j'ai obtenu un oxide d'un bleu noir. Cet oxide d'iridium, réduit par l'hydrogène, et chauffé avec du chlorure de potassium dans le chlore, n'a pas donné de sel rouge, mais le sel ordinaire d'iridium rouge ou d'un brun foncé. Je n'ai pu produire à volonté le sel rose, pas même en saturant de chlore la solution du sel de perchlorure, ou en la faisant bouillir avec du chlorate de potasse et de l'acide muriatique et l'évaporant. Ce résultat et la circonstance que le sel rouge avait déposé dans les solutions et évaporations précédentes, une poudre verte qui ne se montre pas avec les sels du perchlorure, me fit soupçonner que ce sel contenait un autre métal que l'iridium.

Cette substance verte indissoute se comporte cependant comme du proto-chlorure d'iridium, et je n'ai, jusqu'à présent, aucune raison de croire que le métal, dans ce sel, soit différent de l'iridium. En calculant la composition du sel, on trouve qu'elle s'accorde avec

la supposition, qu'un atome de chlorure de potassium s'est combiné avec un atome d'un perchlorure d'iridium, dans lequel le métal est combiné avec 6 atomes de chlore ; et que la formule est $3 K Cl^2 + Ir Cl^6$. La composition calculée, comparée avec celle donnée par l'observation, donne les résultats suivans :

| | Calcul. | Observation. |
|---|---|---|
| Chlorure de potassium... | 52,21 | 51,91 ; |
| Chlore................ | 24,78 | 24,17 ; |
| Iridium................ | 23,01 | 23,92. |

Les différences du résultat analytique proviennent de l'impossibilité d'obtenir ce sel entièrement dégagé de perchlorure double d'iridium.

Ce sel est précipité de sa solution aqueuse par l'alcool avec une couleur rose pâle ; mais il reste beaucoup du sel dans la liqueur alcoolique, qu'on peut distiller sans que le sel soit réduit à un chlorure inférieur. On peut précipiter par l'hydrogène sulfuré les autres chlorures de l'iridium, pendant que celui-ci reste dans la liqueur. C'est pourquoi une solution d'iridium précipitée par l'hydrogène sulfuré passe par le filtre, colorée en rose. Cependant, si on sature la liqueur complètement avec l'hydrogène sulfuré, et qu'on la laisse digérer à 60° c. dans un flacon bouché, le sel qu'elle contient se décompose peu à peu pour la plus grande partie, quoiqu'il en reste toujours une partie qu'on ne peut précipiter de cette manière.

### *Oxides et sels oxigénés de l'iridium.*

L'iridium a une grande affinité pour l'oxigène ; il se combine avec lui à la chaleur rouge, et le retient au

plein rouge ; mais il se réduit à une température plus élevée, comme le nickel, sans addition. A chacun de ses chlorures correspond un oxide qui forme des sels particuliers avec les acides ; c'est ce qui rend très-difficile leur dénomination ; notre nomenclature n'étant calculée que pour deux bases salifiables, j'emploierai provisoirement pour ces oxides les mêmes noms dont je me suis servi pour les chlorures. Ces oxides sont le protoxide $\dot{Ir}$; le sesqui-protoxide $\underline{\dddot{Ir}}$; le peroxide $\ddot{Ir}$, et le sesqui-peroxide $\dddot{Ir}$. Leur composition est déterminée par la circonstance qu'ils sont produits par la décomposition des chlorures par un alcali.

*a*) *Protoxide*. Quand on fait bouillir le proto-chlorure obtenu par la voie sèche avec une lessive un peu concentrée de potasse caustique, le protoxide se sépare en une poudre pesante noire, qui est à peine attaquée par les acides, quoiqu'ils se colorent un peu en vert. La lessive alcaline avec laquelle on fait bouillir le proto-chlorure se colore peu à peu en pourpre, et enfin en bleu foncé ; ce qui paraît être dû à ce que le protoxide est amené à un degré supérieur d'oxidation. La quantité que l'alcali en dissout est très-petite.

Si on précipite un proto-chlorure double avec du carbonate de potasse, on obtient un précipité volumineux d'un vert-gris, qui est l'hydrate du protoxide. Il se prépare facilement en mêlant du chlorure de potassium à la solution du sesqui-proto-chlorure d'iridium et de sodium, et en évaporant ; il se dépose du perchlorure d'iridium et de potassium, et le proto-chlorure double reste dans la liqueur, que l'on précipite par une légère diges-

tion avec le carbonate de potasse. Il faut prendre garde de ne pas ajouter un excès de carbonate de potasse, parce que le protoxide en est dissous, avec une couleur d'un jaune-vert.

L'hydrate est dissous par les acides, à l'aide de la chaleur, en sels de protoxide d'un vert sale. La solution dans l'acide nitrique, abandonnée à elle-même, prend peu à peu une belle couleur pourpre; mais, évaporée à une douce chaleur et reprise par l'eau, elle est d'un beau jaune-vert, comme d'abord. Je n'ai pas fait des expériences sur chaque sel de protoxide; je me suis contenté de démontrer leur existence.

*b*) *Sesqui-protoxide.* C'est celui qni se forme de préférence, tant par voie sèche que par voie humide. Par la voie sèche on l'obtient en mêlant bien le perchlorure d'iridium et de potassium avec son poids de carbonate de soude ou de potasse, et chauffant dans un vase clos jusqu'à ce que la masse commence à rougir au fond. Si on pousse la chaleur plus loin, l'oxide chasse l'acide carbonique et se combine avec l'alcali, et on obtient alors avec l'eau une dissolution jaune contenant de l'oxide. A une chaleur modérée, la solution de l'alcali est au contraire incolore et libre d'iridium dissous.

La masse saline, dissoute dans l'eau bouillante et filtrée, laisse sur le filtre une poudre fine d'un bleu noir, qui a une grande tendance à passer à travers le papier, quand la solution saline est passée et qu'on verse de l'eau pure, et à former une liqueur trouble d'un gris-bleu, qui devient claire en tombant dans l'eau saline. C'est pour cela qu'on doit laver cet oxide avec une solution de sel ammoniac, dont on chasse le reste par la chaleur.

Dans cet état, le sesqui-protoxide est insoluble dans les acides ; il n'est pas même dissous lorsqu'on le fond avec le bi-sulfate de potasse, qui oxide l'iridium bien divisé jusqu'à ce degré ; l'hydrogène le décompose sans l'aide de la chaleur ; il s'échauffe avec lui et se réduit en métal ; ce qui paraît provenir de ce qu'il a comme le métal la propriété d'effectuer la réunion de l'oxigène avec l'hydrogène en eau. Mêlé avec des corps combustibles et chauffé, il se décompose avec une détonation vive. Je suis persuadé que cet oxide a été pris, par les chimistes qui ont travaillé sur l'iridium, pour du métal dans un état très-divisé.

J'ai déterminé la composition de cet oxide par la méthode dont je me suis déjà servi pour le rhodium et pour le palladium ; mais elle donne ici des résultats beaucoup plus concordans. On recueille le mélange de gaz acide carbonique et d'oxigène, qui se dégage en chauffant le perchlorure d'iridium et de potassium avec le sous-carbonate de soude, et on en fait l'analyse. Le gaz a été recueilli dans quatre éprouvettes graduées. Après l'absorption de l'acide carbonique par la potasse caustique, le résidu a été, dans la première, 0,114 ; dans la seconde, 0,12 ; dans la troisième, 0,11 ; et dans la quatrième, 0,112. Si l'on suppose que l'oxigène que l'alcali perd avec l'acide carbonique soit avec celui que le métal s'approprie dans le rapport de 4 : 3, le mélange des gaz qu'on obtient doit être formé de 88,89 p. d'acide carbonique, et 11,11 p. d'oxigène. Comme le résultat de l'expérience est d'accord avec cette supposition, il s'ensuit que le sesqui-protoxide contient 2 atomes de radical et 3 atomes d'oxigène.

Le sesqui-proto-chlorure précipité par un alcali donne un précipité brun foncé, qui est l'hydrate du sesqui-protoxide. Il arrive cependant quelquefois que, même après une digestion, il ne se forme pas de précipité, et j'en ignore la cause. Le précipité retient toujours de l'alcali, qu'on ne peut ôter par le lavage; obtenu par l'ammoniaque, il se réduit avec une légère détonation quand on le chauffe. Il se dissout dans les acides et donne des sels oxigénés particuliers, dont les solutions ressemblent à un mélange de sang veineux et d'eau.

Cet oxide se forme aussi quand on calcine l'iridium avec de l'alcali et du nitre; cependant avec le libre accès de l'air on n'a pas besoin du dernier. La combinaison fondue est d'un jaune-brun foncé, et se dissout dans l'eau en lui communiquant une belle couleur d'un brun-jaune foncé. La solution se décompose aussi facilement que celle du caméléon minéral, et les causes les plus insignifiantes de réduction déterminent la précipitation du protoxide, et d'autant mieux que la liqueur est plus étendue.

La combinaison solide de la potasse et du sesqui-protoxide d'iridium contient plus du dernier que l'eau n'en peut dissoudre; c'est pourquoi elle en est décomposée, et il reste du sesqui-protoxide uni à une moindre quantité de potasse. Cette partie insoluble, séparée de la combinaison avec l'alcali, est soluble dans les acides.

Une autre partie de la masse, calcinée avec l'alcali, est tout-à-fait insoluble; c'est en partie de l'iridium non oxidé, ou du protoxide qui ne s'est pas combiné

avec l'alcali, faute de suffisante quantité de celui-ci ou d'une température assez élevée. C'est pourquoi il se dissout beaucoup plus d'iridium avec le nitre dans une cornue de porcelaine, qu'avec la potasse caustique dans un creuset d'argent, parce qu'on peut donner dans la première une plus forte chaleur.

L'oxide d'iridium, fondu, à une température très-élevée, avec du carbonate de potasse dans un creuset de platine, se combine avec l'alcali en une masse saline jaune ou jaune-brunâtre, qui, comme on le reconnait, en l'ôtant du creuset refroidi, n'en a nullement attaqué le poli. Mais si on verse de l'eau sur le sel et qu'on le chauffe, il se dépose sur le platine une pellicule d'oxide d'un brun-vert, qui ressemble à une tache épaisse de soufre sur l'argent. La même chose a lieu dans un creuset d'argent. Les creusets de platine sont de même un peu tachetés quand on y fond de l'iridium avec du sulfate acide de potasse. Je n'ai pas pu remarquer, en dissolvant l'oxide obtenu par la calcination avec l'alcali dans l'acide muriatique, qu'il se soit formé une portion de sel de perchlorure ; et je conclus de là que le sesqui-protoxide est le plus haut degré d'oxidation que l'iridium forme par la voie sèche.

c) *Peroxide.* Je n'ai pu l'isoler ; il est si complètement soluble dans les alcalis caustiques ou carbonatés, qu'aucune portion n'en est précipitée, soit qu'on en ajoute peu ou beaucoup, soit à froid ou par digestion. En faisant bouillir le perchlorure double de potassium avec une solution de carbonate de potasse ou de soude, il y a une effervescence, et il se précipite une substance noire qui, après avoir été lavée, jouit de toutes les pro-

priétés du sesqui-protoxide, et donne avec l'acide muriatique une solution brune obscure, qui ne fournit pas du perchlorure double de potassium. Pour expliquer la manière d'agir des alcalis sur le perchlorure, on pourrait croire qu'ils ne le décomposent pas, parce que cet oxide n'existe pas; mais ce qui prouve que cette explication serait fausse, c'est que le sulfure d'iridium, préparé par le perchlorure et l'hydrogène sulfuré, est dissous très-facilement par l'acide nitrique en sulfate d'iridium, qui se comporte de la même manière avec les alcalis.

Si on mêle le sulfate avec du chlorure de barium, il se précipite une combinaison très-fixe de l'oxide avec le sulfate de baryte; et si on ajoute au sel de perchlorure du nitrate de protoxide de mercure, une petite quantité en précipite une matière floconneuse d'un jaune brun, qui est un sous-sel de perchlorure (une combinaison de perchlorure et d'oxide), et la liqueur contient du perchlorure de mercure en dissolution. Une plus grande quantité du sel de mercure précipite un mélange jaune clair de proto-chlorure de mercure et de sous-sel. En faisant digérer ce précipité avec la liqueur, on obtient, selon les circonstances, du perchlorure ou du proto-chlorure de mercure, et du proto-chlorure d'iridium, et la couleur du précipité devient d'un vert-gris.

*d*) *Sesqui-peroxide*. On l'obtient en ajoutant du carbonate de potasse ou de soude au chlorure rose d'iridium et de potassium exempt d'ammoniaque. Il ne se trouble que très-peu; mais si on le met en digestion, il se précipite un hydrate gélatineux, qui, jeté sur un

filtre, est jaune brun ou verdâtre, et ressemble tellement à l'hydrate d'oxide que les sels de rhodium fournissent dans les mêmes circonstances, que l'on ne peut l'en distinguer à l'apparence. La liqueur filtrée est jaune à cause d'une partie d'oxide dissoute par l'alcali. Si on traite l'hydrate lavé par l'acide muriatique, il se dissout comme l'hydrate d'oxide de rhodium avec une couleur jaune, et ne devient rouge que quand il est presque évaporé à sec. Le sel qu'on obtient est du chlorure double régénéré, duquel l'alcool n'extrait pas une trace de sesqui-perchlorure isolé. Cela prouve que l'hydrate d'oxide est une combinaison d'oxide et de potasse. Si on chauffe l'hydrate sec dans un vase distillatoire, il se décompose avec une décrépitation presque instantanée, et il est jeté hors de la cornue comme l'hydrate d'oxide de palladium. Comme le sesqui-perchlorure contient un atome de métal et 6 atomes de chlore, ce sesqui-peroxide doit être formé d'un atome de métal et de trois atomes d'oxigène.

Tennant et Vauquelin ont décrit, comme caractérisant principalement l'iridium, un oxide bleu, qui se dissolvait en bleu dans les acides et les alcalis. Cet oxide existe en effet; mais, comme il contient moins d'oxigène que le sesqui-protoxide et plus que le protoxide, il appartient à ces combinaisons, dont le fer, le manganèse, le tungstène et le molybdène montrent des exemples, et dont la plupart possèdent aussi la même couleur bleue foncée. Je n'ai pu isoler cet oxide bleu aussi complètement qu'il eût été nécessaire pour une analyse; car il contient ordinairement de l'alcali, surtout de l'ammoniaque, avec laquelle il s'unit en une

combinaison détonante qui cependant ne fait pas d'explosion, mais décrépite seulement. On l'obtient quelquefois quand on traite l'iridium en vases clos avec la potasse caustique ; quelquefois quand on fond le perchlorure double de sodium avec l'iridium, et qu'on précipite la solution par l'ammoniaque caustique. La manière la plus sûre de le préparer, est d'ajouter à une solution d'un perchlorure double un excès d'ammoniaque caustique, et d'évaporer le mélange jusqu'à ce qu'il ne sente que peu l'ammoniaque ; il devient successivement bleu, et enfin l'oxide bleu se précipite. Si on évapore la liqueur à siccité, l'oxide disparaît de nouveau. L'oxide précipité est jeté sur un filtre. Quelquefois la liqueur filtrée est tout-à-fait incolore ; quelquefois l'oxide se dissout dans l'eau de lavage en lui communiquant une couleur bleu pâle ; en cela, il se comporte entièrement comme les oxides bleus de tungstène et de molybdène.

On peut obtenir les solutions d'iridium avec toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, sans que cela dépende de mélanges étrangers. Elles sont roses dans le sesqui-perchlorure ; d'un rouge foncé, orange ou jaune selon la concentration du perchlorure et du sesqui-protochlorure ; vertes quand ces derniers sont mêlés avec l'oxide bleu, et enfin bleues ou pourpres quand, à ce qu'il semble, elles contiennent une combinaison du sesqui-proto-chlorure ou du sesqui-protoxide avec plus de proto-chlorure ou de protoxide qu'il ne s'en trouve dans l'oxide bleu. La couleur vert-sale appartient au proto-chlorure. Vauquelin et Tennant ont trouvé que les solutions d'iridium perdent leur couleur par l'acide sulfureux, par les sels de protoxide de fer et par l'am-

moniaque ; mais cela n'a lieu que quand elles sont très-étendues , autrement elles restent d'un vert jaune. Ces réductions ne vont jamais plus loin que jusqu'au proto-chlorure ; car , quand on verse ces réactifs dans la solution d'un proto-chlorure , sa couleur ne change pas du tout. La présomption que l'iridium, dans le degré inférieur de ses combinaisons avec le chlore ou l'oxigène , forme des combinaisons incolores , est aussi sans fondement.

### *Sulfure d'Iridium.*

L'iridium paraît se réunir avec le soufre en autant de proportions qu'avec l'oxigène , tous ses chlorures étant décomposables par l'hydrogène sulfuré. Ces précipités sont d'un brun obscur ou presque noir , et ressemblent entièrement à ceux que le platine , le palladium et le rhodium donnent. Ils ne deviennent pas acides pendant qu'on les sèche , comme le fait le sulfure de platine ; mais quand on les chauffe dans un vase distillatoire , ils donnent de l'acide sulfureux au commencement ; ce qui prouve qu'une oxidation a commencé pendant leur dessiccation. Le sulfure d'iridium se dissout plus facilement dans les hydro-sulfates que le sulfure de platine. Précipité d'une semblable solution par un acide , il est soluble jusqu'à un certain degré avec une couleur rouge brune ; de manière que l'eau de lavage , après que l'acide est passé , est fortement colorée. Un grand excès d'acide en empêche la solubilité ; c'est pourquoi, à mesure que , par l'évaporation de la liqueur , l'acide devient plus concentré , ce qui était dissout se sépare, mais non en totalité. La plus petite quantité d'acide nitrique dans la liqueur le change , pendant l'évaporation , en sulfate d'iridium.

Les degrés plus élevés de sulfuration se dissolvent avec grande facilité et sans résidu. Quand il y a excès de sulfure, il se forme du sel de protoxide ou de sesquiprotoxide, et la solution devient d'un brun vert ou d'un brun rouge. Y-a-t-il excès d'acide, on obtient, surtout à l'aide de la chaleur, du sulfate de peroxide d'iridium, et la liqueur devient d'un jaune brun clair et pur. Si l'acide est concentré, il arrive, comme avec le sulfure de rhodium, qu'il reste beaucoup du sulfate formé indissous dans l'acide, qui se dissout quand, après avoir décanté l'acide, on ajoute de l'eau.

Si le sulfure d'iridium est mêlé avec du sulfure de platine, on peut enlever, par l'acide nitrique, la plus grande partie de l'iridium souillé avec un peu de platine; le sulfure de platine restant pour la plus grande partie indissous tant qu'on n'emploie pas la chaleur. Quand on distille du sulfure d'iridium, il se vaporise de l'eau de l'acide sulfureux, et plus tard du soufre, pendant qu'il reste un sulfure d'iridium gris semblable au sulfure de plomb, qu'on ne peut décomposer par la chaleur seule. Ce sulfure n'est plus soluble dans l'acide nitrique, et à peine dans l'eau régale, qui, cependant, l'attaque avec le temps, et se colore en un beau vert faible. Ce degré de sulfuration paraît être $Ir\,S$; et il donne avec l'eau régale du sulfate de protoxide, qui est la cause de la couleur verte. Si on grille ce sulfure, il se dégage beaucoup d'acide sulfureux, et la masse devient d'un brun obscur. Elle se change en un soussulfate qui n'est pas décomposé par la chaleur.

(*La suite dans le Cahier prochain.*)

---

## Sur *les Couleurs des réseaux.*

Par M. Babinet.

(Lu à la Société philomatique, le 8 décembre 1827.)

Dans le Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à la Société *sur les interférences produites par les doubles surfaces à distance*, et sur l'application de ces phénomènes à la théorie des *plaques épaisses*, j'ai considéré un des cas où l'on peut, sans avoir recours au calcul complet d'une onde résultante, rendre raison des principales circonstances d'une série de couleurs alternatives. On obtient encore des phénomènes plus simples dans leur cause, mais beaucoup plus remarquables par leur éclat, en regardant un objet lumineux (la flamme d'une bougie, par exemple) au travers d'un réseau de fils parallèles, d'un très-petit diamètre, et séparés par de très-petits intervalles ; ou bien au travers d'une lame transparente sillonnée de raies parallèles très-voisines, ce qui offre une disposition semblable aux réseaux de fils parallèles, l'opacité de ceux-ci étant remplacée par l'opacité de la raie entaillée dans la lame. La lumière réfléchie par les réseaux formés de fils ou de raies parallèles, tracées sur des surfaces opaques ou transparentes, offre des couleurs analogues qui, du reste, diffèrent essentiellement de celles que produisent les fils isolés ou les stries des surfaces polies ; car l'explication de ces dernières se rapporte aux phénomènes connus des *ouvertures étroites*, et ne dépend point de la distance mutuelle des fils ou des raies, tandis que

c'est de cet élément seul que dépendent les couleurs des réseaux que je me propose d'examiner ici.

Toutes les circonstances de ces couleurs se déduisent d'une manière fort simple du principe des interférences, d'après les notions théoriques de MM. Young et Fresnel, et d'après les belles observations de Fraunhofer sur les spectres des réseaux. Je mets sous les yeux de la Société un réseau formé par des traits entaillés au diamant sur une plaque de verre avec une grande régularité, et distans l'un de l'autre d'un centième de millimètre, en sorte que dans une largeur de cinq millimètres il se trouve cinq cents traits parallèles. Je dois ce réseau à l'obligeance amicale de M. Lebaillif, dont plusieurs des membres de la Société connaissent parfaitement l'ingénieuse dextérité.

La flamme d'une bougie, ou bien une ouverture étroite et fortement éclairée M (fig. 1), observée au travers de ce réseau, soit à l'œil nu, soit avec l'aide d'une lunette placée derrière le réseau entre celui-ci et l'œil, présente de chaque côté de l'image directe, dont la netteté n'est point troublée par l'interposition du réseau, un grand nombre de spectres HC, H′C′, F″D″, F‴D‴, très-brillans, avec des couleurs très-distinctes, et d'autant plus larges qu'ils s'écartent plus de l'image directe M, qui reste parfaitement incolore. La dispersion des couleurs dans les deux premiers spectres HC, HC à droite et à gauche de l'ouverture, les seuls dont les couleurs ne se confondent point avec celles des spectres suivans, est à peu près égale à la dispersion produite par un prisme de flint-glass d'un angle de 60°, quand les raies du réseau sont à un centième de millimètre de

distance. Pour le second, le troisième, le quatrième spectre, cette dispersion est double, triple, quadruple, etc.

On observe les phénomènes analogues par réflexion sur des lames d'argent et de laiton, dont les traits sont espacés par cinquantièmes de millimètre, sur des lames de nacre de perle qui ont vingt traits par millimètre, et enfin sur des boutons métalliques anglais et français rayés en sens divers, de manière à utiliser pour l'ornement cette propriété des réseaux.

Fraunhofer a très-bien indiqué que la position et la grandeur de la série des spectres que montrent ces appareils, et spécialement les fils tendus parallèlement, dépendent non point de l'écartement des fils du réseau ou de leur groseur, mais bien de la somme faite du diamètre d'un fil et de l'intervalle qui le sépare du suivant. Il a reconnu par des mesures d'une précision extrême, que la distance des mêmes parties des spectres successifs était égale, et il a déterminé pour chaque rayon de chaque spectre sa déviation angulaire à partir de la lumière directe. Les lignes noires qu'il avait observées avec soin dans la lumière dispersée du spectre solaire, et qui sont les mêmes dans les spectres des réseaux, lui ont permis de définir les diverses parties des spectres avec une rigueur que tout autre moyen serait loin de faire espérer. La fig. 1, réduite de celle de Fraunhofer, représente ces lignes obscures dans chaque spectre, la raie marquée C étant du côté rouge du spectre, et la ligne H vers l'extrémité violette. Les intervalles MC, CC', ou bien MD, DD', D'D'', D''D''', etc., étant égaux entre eux, on voit que le spectre H'C', par

exemple, dont la largeur est $MC'$ moins $MH'$ est double du spectre $HC$ compris entre les extrémités des lignes $MC$ et $MH$ qui sont respectivement moitié des deux précédentes. Quelques-unes des lignes extrêmes des spectres subséquens disparaissent parce qu'elles sont recouvertes par les spectres précédens ou suivans; mais si l'on prend les intervalles $FD$, $F'D'$, $F''D''$, $F'''D'''$, par exemple, dans le premier, le second, le troisième et le quatrième spectre, on trouvera $F'D'$ double de $FD$, tandis que $F''D''$ sera triple, et $F'''D'''$ quadruple de la même largeur.

Pour mesurer l'écartement de ces divers spectres de part et d'autre de M, je me sers d'un moyen fort précis et plus simple que le théodolite employé par Fraunhofer. Deux ouvertures étroites, B et N (fig. 2), dont la distance est mesurée ensuite fort exactement, donnent à droite et à gauche des spectres colorés quand on les observe avec un réseau. En faisant varier la distance du réseau aux ouvertures ou l'écartement de celles-ci, on fait coïncider les parties semblables du spectre A, le premier à gauche des spectres de l'ouverture B, avec les parties analogues du spectre M, le premier à droite de ceux que fournit l'ouverture N. La distance du réseau aux ouvertures combinée avec l'écartement de celle-ci donne le double de l'angle de déviation de l'un des deux spectres. On opérerait de la même manière pour avoir la déviation des spectres suivans. Au reste, nous devons à Fraunhofer 147 observations de déviations de ce genre qui peuvent rendre superflues de nouvelles mesures, tant qu'on n'aura en vue que de constater la loi du phénomène.

Pour concevoir cette loi, et pour en donner l'explication, supposons que MN (fig. 3) représente ce réseau, dont LP, QA, KB, RN sont les parties pleines ou non perméables à la lumière, et dont HL, PQ, AK, BR sont, au contraire, les parties transparentes. Le phénomène dépend de la grandeur des intervalles égaux HP, PA, AB, BN, composés d'une partie opaque et d'une partie transparente. Choisissons un de ces petits intervalles AB, tellement situé que pour l'œil placé en C la différence des lignes BC et AC soit égale à la longueur d'une ondulation entière pour une certaine espèce de lumière. Les rayons incidens SH, SA, SB, etc., étant perpendiculaires au plan du réseau, et ayant pour origine commune un point suffisamment éloigné; si de plus, on remarque que les lignes AC et BC sont sensiblement parallèles à cause de la petitesse de AB, l'arc AG, décrit du point C comme centre avec CA pour rayon (en sorte qu'on ait $BG = BC - AC = \lambda$), pourra être considéré comme une perpendiculaire commune aux lignes AC et BC, et BG, égal à $\lambda$, exprimera le retard d'un rayon qui suivrait la route SBC comparativement au rayon qui parcourrait SAC. Supposons un moment l'intervalle AB tout-à-fait libre, et menons par le point I, milieu de AB, un rayon SIC, qui par conséquent soit en retard de moitié de BG, c'est-à-dire, d'une demi-ondulation, par rapport au rayon qui suit la route SAC. On voit facilement que, dans cette supposition, le rayon qui va de A en C est détruit par le rayon qui se propage de I en C, et qui en diffère d'une demi-ondulation. De même, tous les rayons élémentaires successifs, qui auraient pour ori-

gine les points divers de A en I, seraient détruits par les rayons émanés de points semblablement situés de I en B, et respectivement en retard d'une demi-ondulation par rapport aux rayons émanés des points situés entre A et I. La partie AB du réseau paraîtrait donc complètement privée de lumière. Mais si nous rétablissons maintenant la partie opaque KB de l'intervalle AB, et si nous prenons IL égal à AK, les rayons dérivés, dont l'origine est entre A et K, ne seront plus détruits par ceux dont l'origine eût été entre I et L, et qui en auraient différé d'une demi-ondulation, puisque ces derniers sont supprimés par l'opacité de LB; les premiers subsisteront donc, et iront porter en C une lumière d'autant plus vive que AK approchera plus d'être égal à AI ou à la moitié de AB. Mais il ne faudrait pas agrandir au-delà de I l'intervalle AK, comme, par exemple, si AL était la partie transparente et LB la partie opaque du réseau; en effet, dans ce cas, une certaine partie des rayons voisins de A serait éteinte par les rayons dont l'origine serait entre I et L, et que n'aurait point supprimés la partie opaque du réseau. Cette particularité, qui se rapporte à l'intensité de la lumière qui émane de AB, a échappé à Fraunhofer, et mériterait d'être constatée par des expériences précises.

La teinte pour laquelle la longueur d'ondulation est $\lambda$ devant subsister dans la partie AB du réseau, pour laquelle on a $BG = \lambda$, il est facile de déterminer l'angle HCA, ou bien HCB, que fait avec la lumière directe SC le rayon AC ou BC, qui propage cette teinte vers l'œil situé en C. En effet, les deux triangles rectangles HCB et BAG ont l'angle en B commun, et,

par suite, sont semblables. Le rapport de HB à BC, ou le sinus de l'angle HCB, que je désignerai par $\delta$, sera donc égal au rapport de BG à BA, c'est-à-dire, au rapport de $\lambda$ à la quantité AB, que je désigne par c. On aura donc

$$\sin \delta = \frac{\lambda}{c}.$$

Un raisonnement analogue ferait voir que cette même teinte, dont la longueur d'onde est $\lambda$, subsisterait encore pour des intervalles du réseau plus éloignés de H que ne l'est AB, et pour lesquels BG serait égal à deux fois, à trois fois, à quatre fois la quantité $\lambda$. On aurait donc alors l'angle de déviation $\delta$ par l'expression :

$$\sin \delta = \frac{m\lambda}{c},$$

m étant le nombre entier qui marque le rang du spectre dont ferait partie l'alternative actuelle de la teinte proposée.

On voit, au premier coup d'œil, en examinant la relation très-simple qui lie la déviation du rayon avec sa longueur d'ondulation $\lambda$ d'où dépend la teinte, que les rayons les moins réfrangibles, pour lesquels $\lambda$ est plus grand, seront aussi les plus déviés : ainsi, dans chaque spectre, le rouge sera extérieur et le violet plus rapproché de l'image directe. On voit encore que les spectres voisins de l'image directe, pour lesquels $\delta$ n'est pas trop considérable, seront équidistans à cause de la proportionnalité de l'arc au sinus. Toutes les autres circonstances se déduisent également de la formule qui exprime la loi du phénomène.

L'observation des déviations $\delta$ est très-propre à faire

connaître la longueur λ pour chaque espèce de rayons; car on peut mesurer fort exactement la quantité c au moyen d'un multiple très-élevé de cette quantité qui se trouve, par la nature même de l'appareil, répétée un grand nombre de fois. C'est ce qu'a fait Fraunhofer avec une admirable précision. On trouve, d'après ses mesures, pour la longueur d'ondulation des rayons marqués par lui, des lettres B, C, D, E, F, G, H, les valeurs suivantes de λ observées en pouces du pied de Paris :

| | | pouc. | mill. |
|---|---|---|---|
| Pour les rayons B... | λ | = 0,000 02541 | = 0,000 6878. |
| C | | = 0,000 02425 | = 0,000 6565. |
| D | | = 0,000 02175 | = 0,000 5888. |
| E | | = 0,000 01943 | = 0,000 5260. |
| F | | = 0,000 01789 | = 0,000 4843. |
| G | | = 0,000 01585 | = 0,000 4291. |
| H | | = 0,000 01451 | = 0,000 3928. |

J'ai réduit les nombres de pouces observés en millimètres, en les multipliant par le nombre 27,070, qui exprime le rapport du pouce au millimètre. Quoique le rapport entre les extrêmes de ces nombres n'atteigne point le nombre 2, il est facile de voir par la figure du spectre solaire, donnée par Fraunhofer, qu'il existe aux deux extrémités des rayons sensibles à la vue, dont les longueurs d'onde varient plus que du simple au double, et même d'après une estime assez sûre environ dans le rapport de 1 à 2,1, ou, en millimètres, de 0,00075 pour l'extrême rouge, à 0,00036 pour l'extrême violet.

Si l'on recevait sur le réseau MN, fig. 3, des rayons tels que S′A, S′I, S′B, en sorte que l'œil placé en C pût recevoir par réflexion les rayons dérivés, il est fa-

cile de voir que les différences de marche des rayons étant les mêmes que dans le cas précédent, les mêmes teintes s'observeraient aux mêmes parties du réseau ; ce qui est conforme à l'expérience.

Si l'on suppose l'origine des rayons qui arrivent au réseau en F (fig. 4) à une distance qui ne soit pas infinie, alors la couleur qui paraît en AB dépend de EB + BG, et si cette quantité est égale à une ou à plusieurs ondulations entières d'une certaine teinte, celle-ci subsiste dans cette direction pour l'œil placé en C. Soit $\delta$ comme précédemment, l'angle HCB ou HCA, et $\alpha$ l'angle HFA ou HFB, on a évidemment :

$$\frac{BG}{AB} = \sin\delta ; \quad \frac{EB}{AB} = \sin\alpha ;$$

$$\text{d'où } BG = c \sin\delta ; \quad EB = c \sin\alpha ;$$
$$\text{d'où } BG + EB = c \sin\delta + c \sin\alpha ;$$

mais cette quantité doit être un multiple de $\lambda$ ; on aura donc enfin $\quad m\lambda = c \sin\delta + c \sin\alpha,$

ou bien $$\frac{m\lambda}{c} = \sin\delta + \sin\alpha.$$

Il sera facile d'appliquer des calculs analogues au cas où le plan du réseau serait oblique à la direction des rayons qui forment l'image directe. La figure 5 représente cette circonstance pour des rayons qui partant de G arriveraient à l'œil placé en C par la partie AB du réseau ; on devrait avoir :

$$GAC - GBC = m\lambda.$$

La même figure offre le cas de la réflexion oblique, les rayons partant du point F et arrivant à l'œil en C par

réflexion. Si au moyen des communes perpendiculaires AD, BE on retranche des parties égales dans les routes des rayons FAC, FBC, la teinte dépendra de la différence entre les restes AE et DB que l'on remplacera facilement par des sinus d'angles dans l'expression

$$AE - DB = m\lambda.$$

La différence qui existe entre les couleurs des réseaux et celles que donnent les ouvertures étroites, bien que les mêmes principes d'interférences s'appliquent aux deux cas, deviendra plus sensible si l'on observe, fig. 3, que AB étant une ouverture étroite, pour laquelle BG serait égal à λ, l'œil ne recevrait de cette ouverture aucun rayon ; tandis que, pour le réseau, c'est de cette partie même qu'il reçoit le plus vivement cette espèce de lumière. On ne pourrait pas non plus chercher à rapporter les couleurs de l'intervalle AB du réseau à la partie transparente AK considérée comme une ouverture étroite, puisque la teinte qui parviendrait en C devrait varier avec la grandeur AK de l'ouverture, ce qui est contraire à l'observation.

S'il était besoin d'une nouvelle preuve que *la lumière n'a aucune tendance à se propager suivant une direction déterminée*, on la trouverait facilement dans la grande obliquité des rayons transmis par les réseaux, par rapport au plan même de ces réseaux. Pour citer un des cas les plus remarquables : si on reçoit sur le réseau MN, figure 4, les rayons solaires suivant FA, par exemple : l'œil étant placé en C, on pourra rendre les rayons FA tellement obliques au plan MN, et la direction AC de ce réseau à l'œil tellement incliné de l'autre côté sur le

même plan que les rayons arrivés suivant FA presque parallèlement au réseau, seront obligés de prendre une direction à peu près rétrograde pour arriver en C; ce qui offre une vérification presque complète de l'hypothèse d'Huyghens.

Quelque petite que soit la longueur d'une ondulation lumineuse, puisqu'il en faut environ deux mille pour faire un millimètre, cette longueur prise pour un rayon d'une nature bien déterminée, comme ceux que M. Wollaston et ensuite Fraunhofer ont reconnu dans la lumière solaire, offre un étalon invariable de mesure qui, joint à la précision des observations modernes, surpasse encore en exactitude les déterminations que nous avons des mesures de l'antiquité. En effet, à l'inspection des résultats de Fraunhofer on peut admettre sans difficulté qu'il a déterminé la longueur d'ondulation des rayons à $\frac{1}{2500}$ près. Le mètre étant connu, on a ces longueurs d'onde à cette approximation, et réciproquement la longueur d'onde étant de nouveau observée avec la même précision, on en conclurait le mètre à $\frac{1}{2500}$ près, c'est-à-dire qu'on ne craindrait pas sur sa longueur une erreur d'un demi millimètre, ce qui surpasse de beaucoup la précision avec laquelle sont connues les mesures des anciens, ou même l'exactitude d'exécution de nos mesures usuelles. Au reste, pour fournir en deux mots des points de comparaison, je dirai que les mesures des degrés donnent maintenant le mètre à peu près à $\frac{1}{20}$ de millimètre, et celles du pendule à $\frac{1}{50}$ de la même fraction.

Je terminerai par une remarque, qui me semble importante, sur la distribution des couleurs dans les spectres formés par les réseaux. Non seulement les couleurs y sont distribuées uniformément dans tous, en sorte que les mêmes teintes y occupent les mêmes places respectives, mais encore, en partant de la direction de la lumière directe, les couleurs sont placées dans chaque spectre à des distances proportionnelles à leur longueur d'ondulation. Les réseaux nous offrent donc un spectre normal, au milieu de la distribution bizarre des couleurs dans les divers spectres produits par la réfraction. Pour faire mieux juger de la différence, j'ai marqué, figure 6, sur quatre spectres d'égale grandeur, la distribution des cou-

leurs qui répondent aux rayons B, C, D, E, F, G, H de Fraunhofer, d'après les mesures de cet excellent observateur, pour les réseaux, l'eau, le verre ordinaire et le flint-glass. Ces trois dernières substances étant rangées par ordre de réfraction, et leurs spectres comparés à celui des réseaux, il en résulte cet aperçu (qu'il ne faut pas cependant trop se hâter de généraliser), c'est que les couleurs dont la longueur d'onde est la plus grande, sont resserrées par la réfraction dans un espace d'autant plus petit que la réfraction est plus énergique. Le contraire a lieu pour les couleurs les plus réfrangibles, et vers le milieu du spectre on trouve un intervalle assez étendu où ni l'un ni l'autre de ces effets ne se fait sentir, et où, par conséquent, la dispersion est proportionnelle à la réfraction.

---

Si la terre était jamais choquée par une comète, son axe de rotation et sa forme changeraient indubitablement, et dès-lors les mesures du pendule ou de l'arc du méridien ne seraient plus propres à faire retrouver le mètre. Cette question spéculative ayant été un jour débattue à Paris dans une réunion scientifique, sir Humphry Davy proposa un étalon, qui, suivant lui, pourrait être retrouvé après les plus fortes altérations dans la forme du globe : son unité linéaire aurait été le *diamètre* du tube capillaire de verre dans lequel l'ascension *de l'eau* serait exactement égale à ce même diamètre. En songeant à toutes les difficultés de l'expérience, j'indiquai, à mon tour, la mesure de la longueur des ondulations lumineuses *dans le vide*, comme une méthode qui conduirait plus sûrement au même but. Quoique ces deux projets soient déjà fort anciens et que les moyens d'observation eussent été préparés, on ne leur a donné jusqu'ici aucune suite, et, à vrai dire, il faut peu le regretter, car on doit reconnaître qu'ils n'ont aucune utilité réelle. (R.)

---

# Théorie *des couleurs observées dans les expériences de* Fraunhofer.

Par M. Thomas Young, D.-M.,

Associé étranger de l'Académie des Sciences (1).

La note qu'on va lire est un corollaire très-simple de la loi des interférences, par lequel je suis parvenu depuis quelques semaines, après avoir lu l'excellent ouvrage de M. Herschel *sur la lumière*, à me rendre compte du caractère des spectres distincts, formés par la diffraction, dans les belles expériences de feu M. Fraunhofer.

Il y a long-temps qu'on avait observé, et M. Brewster, si je ne me trompe, en fait la remarque en parlant des couleurs superficielles de la nacre, que les images, vues dans ces cas de diffraction multipliée, s'approchaient plus près du spectre solaire formé par réfraction, que des couleurs périodiques de la diffraction ordinaire, ou de celles des anneaux analysés par Newton. Mais c'est à M. Fraunhofer que nous devons les expériences les plus soignées sur ces couleurs.

Voici le principe par lequel je me propose d'expliquer ce phénomène. S'il y a une suite de lignes parallèles,

(1) M. Young m'a remis cette Note à son dernier passage à Paris. Comme le Mémoire précédent de M. Babinet, elle a pour objet les images diffractées que produisent les réseaux très-serrés ; mais les deux solutions de la question sont assez différentes pour que j'aie pensé qu'on ne serait pas fâché de les trouver dans le même Cahier des *Annales*.

capables de fournir deux à deux les couleurs ordinaires de la diffraction, la réunion d'un nombre considérable de ces lignes doit avoir l'effet de rétrécir extrêmement les bandes formées par une lumière homogène, de sorte qu'après la ligne centrale brillante, il y ait bientôt obscurité parfaite, c'est-à-dire, dans le lieu de la seconde bande brillante des franges les plus étroites qu'auraient pu former les deux lignes parallèles les plus éloignées l'une de l'autre ; et cette obscurité ne sera suivie que de bandes faibles de lumière, qui iront toujours en diminuant jusqu'à la moitié de la distance de la seconde ligne brillante principale, formée par la lumière d'une paire quelconque de lignes voisines.

Il y a deux méthodes par lesquelles on peut calculer les propriétés d'une combinaison de plusieurs ondulations : l'une est de se borner à un instant donné pour trouver la somme des mouvemens qui ont lieu pour un corpuscule quelconque, et de calculer après le maximum et le minimum pour tout instant possible. L'autre est de déterminer pour chaque addition différentielle ou particulière de mouvement, les propriétés de l'ondulation entière résultante : c'est de cette dernière que s'est servi M. Fresnel : elle peut être la plus générale et la plus élégante ; mais la première est la plus simple, et elle s'applique sans difficulté aux instans du maximum et du minimum par les secours des principes généraux des quantités variables.

Supposons, pour fixer les idées, qu'il y ait une centaine de lignes parallèles diffractives, tracées à la distance d'un 5000<sup>ème</sup> de pouce l'une de l'autre, et toutes également distantes, tant de la source de la lumière que du carton

ou de la lentille qui reçoit les images, et ne considérons que la lumière verte homogène, dont les ondulations sont à peu près d'un 50,000ème de pouce. Il suit des expériences que j'ai publiées en 1801, que chaque paire de ces lignes ferait voir des bandes brillantes à des distances angulaires du point du milieu, dont les sinus sont représentés par les nombres $\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{3}{10}$, à $\frac{10}{10}$. Les lignes que j'avais alors à ma disposition n'étant pas équidistantes, je ne pus pas en tirer la conséquence remarquable qu'ont donnée depuis les expériences de M. Fraunhofer, et que l'on observe aussi sur les boutons à l'arc-en-ciel de M. Barton, c'est-à-dire, que chaque couleur y est renfermée dans des limites presqu'aussi bien marquées que celles du spectre solaire produit par la réfraction : au lieu qu'avec une seule paire de lignes, comme avec un seul fil très-étroit, on ne distingue que des couleurs diffuses et mêlées, comme celles des anneaux réfléchis de Newton.

Il n'y a, en effet, que les seuls endroits marqués par les milieux précis des franges ordinaires les plus larges, où les cent systèmes supposés d'ondulation soient capables de se soutenir mutuellement, et de coopérer tous ensemble : dans ces endroits, les oscillations élémentaires sont exactement contemporaines, en vertu de l'égalité de leurs routes, comme celles du milieu ; elles se suivent à des intervalles égaux d'une ondulation entière : car il est évident que, dans la seconde bande brillante, où les ondulations du second système ont perdu une oscillation relativement à celles du premier, les ondulations du troisième système en auront perdu deux, puisque la troisième ligne est à une distance de la pre-

mière double de celle de la seconde, et les ondulations de la 101ème ligne auront perdu cent oscillations : de même dans la troisième bande brillante la perte de chemin sera encore une fois plus grande : mais l'effet sera le même partout, et chaque bande aura la force réunie de tous les cent centres de diffraction; tandis qu'à une distance très-petite de la ligne du milieu, et telle que la lumière venant des points les plus éloignés n'y ait perdu qu'une ondulation par la différence des routes, les oscillations se suivront à des distances presque égales par toute la circonférence du cercle qui les représente, et les vitesses respectives, qui sont proportionnelles aux cosinus positifs ou négatifs, se détruiront mutuellement, de sorte que leur somme sera zéro. Cette distance est le 100ème du dixième du rayon, ou le 1000ème de la distance entière du carton; et si cette distance entière est de 100 pouces, la largeur de la bande brillante sera d'un dixième de pouce de chaque côté, ou d'un cinquième en entier, y compris l'espace imparfaitement éclairé par la lumière affaiblie; la bande brillante sensible étant probablement beaucoup plus étroite.

Sans savoir la loi selon laquelle les impulsions primitives doivent se répandre dans toutes les directions, il est impossible de calculer exactement l'illumination des divers points de l'espace sur le carton : mais il nous est permis de supposer ces impulsions élémentaires égales dans tous les sens, comme Huyghens l'a fait, ou du moins dans toutes les directions voisines de la rectiligne, comme M. Fresnel les a supposées; il est aussi le plus commode de présumer qu'ils suivent la loi des sinus et des cosinus, qui paraît être celle de la plupart des petites vibra-

tions naturelles. Alors en nommant $x$ la distance d'un point quelconque du carton au milieu de la bande brillante la plus voisine, supposé que $x$ devienne 360° pour l'intervalle de deux bandes, on pourra toujours représenter les vitesses des oscillations qui s'y réunissent à un instant quelconque par la somme d'une série de cosinus du nombre $n$ d'arcs de cercle dont la différence commune soit $x$; par exemple: $\cos o + \cos x + \cos 2x \ldots + \cos nx$, pour l'instant où la vitesse de la première oscillation seule soit au *maximum:* mais il est évident que la somme entière sera un *maximum* quand le terme moyen est un maximum; il est aisé de voir aussi que, pour un nombre considérable de divisions, on peut trouver la somme de la serie en représentant chaque terme par l'espace étroit donné par la division d'une figure de sinus, et la somme de $\cos o + \cos x + \cos 2x \ldots\ldots + \cos nx$ sera à peu près $n \frac{\sin nx}{nx} = \frac{\sin nx}{x}$; quantité dont la différentielle s'évanouit quand $nx = \tang nx$; et, pour trouver les *maxima* de la lumière, il faudra prendre les valeurs pour $\frac{n}{2}$ ou la moitié des lignes, et pour $x$ positif et négatif.

Pour les deux premiers *maxima* après le milieu, les valeurs angulaires sont: 256° 27′ = 4. 4936, et 442° 37′ = 7. 725, les lignes obscures intermédiaires étant à 180° et à 360° de la même échelle : et pour l'énergie ou la force de la lumière, on a $\frac{1}{21,18}$ et $\frac{1}{60,7}$, en comparant les carrés des vitesses avec celui de la vitesse totale au point milieu.

Ce calcul devient d'autant plus exact, que les lignes

diffractives sont plus rapprochées et plus nombreuses, la quantité $\frac{\sin nx}{x}$ représentant toujours une vitesse finie, quoique $n$ devienne infini par cette multiplication : ce qui arrive quand on veut calculer la diffraction d'un faisceau très-étroit de lumière qui entre par une fente dans une chambre obscure. Mais quand ce faisceau est assez large pour qu'il y ait une différence sensible entre les routes de ses différentes parties à l'égard du milieu du carton, alors l'expérience rentre dans le cas des problèmes résolus si heureusement par M. Fresnel.

---

## EXTRAIT *d'un Mémoire sur l'amidon.*

### PAR M. GUIBOURT.

L'ON doit à M. Raspail la découverte intéressante que l'amidon n'est point un corps homogène; que chaque granule est un véritable organe formé, 1° d'une enveloppe ou tégument lisse, inattaquable par l'eau et les acides à la température ordinaire, susceptible d'une longue coloration par l'iode; 2° d'une substance intérieure soluble dans l'eau froide, *liquide*, même dans son état naturel, à laquelle l'évaporation fait perdre la faculté de se colorer par l'iode, et qui possède toutes les propriétés de la gomme. M. Raspail admet de plus que la coloration en bleu de l'amidon par l'iode est due à une substance volatile, et que conséquemment cette coloration est le résultat d'une simple juxta-position de

parties colorées sur l'amidon, et non une combinaison.

Déjà M. Caventou a entrepris de combattre les conclusions de M. Raspail (*Ann. de Phys.*, t. XXXI et XXXIII); mais, la question étant restée indécise, M. Guibourt a entrepris quelques expériences dont il va être rendu compte.

La fécule sur laquelle M. Guibourt a fait ses expériences est celle de pomme de terre, que M. Raspail avait employée pour les siennes. Elle avait été bien lavée et desséchée à l'air libre dans une chambre. Vue au microscope, elle affecte toutes les formes, depuis la sphérique qui convient aux plus petits grains, jusqu'à la gibbeuse ou triangulaire arrondie qui appartient aux plus gros. Elle est lisse, transparente sur le champ, et se colore en gris sur le bord. Tous les grains en sont libres et séparés. Cette fécule est tout-à-fait insoluble dans l'eau froide, même après plusieurs heures de macération.

Broyée à sec sur un porphyre, elle perd de sa blancheur et de son éclat, et quelquefois s'agglutine si l'air est humide. Si alors on la mouille avec de l'eau, elle forme une colle tenace qui devient très-dure en séchant. Battue dans un mortier, elle donne lieu à un mucilage analogue à celui de la gomme adragant.

La fécule entière ne se colore que lentement en bleu céleste dans l'eau d'iode, sans perdre sa transparence. La fécule, broyée, présente des phénomènes remarquables à l'instant où elle touche l'eau. On observe des courans d'une vitesse extrême dus à l'émission de la matière soluble des grains déchirés. Une partie de cette matière disparaît entièrement; une autre reste attachée

aux grains, sous forme de gelée, et disparaît ensuite par l'application d'une légère chaleur ; alors on aperçoit facilement les tégumens déchirés qui servaient d'enveloppe aux grains de fécule. Cette expérience offre des résultats plus précis que ceux produits par l'intermède des acides ou des alcalis.

La solution aqueuse d'iode, ajoutée à la liqueur avant toute application de la chaleur, la colore en *bleu-ciel ;* la matière gélatineuse prend une couleur *bleu foncé*, et avant les tégumens eux-mêmes qui restent un instant incolores ; mais bientôt ceux-ci prennent aussi la couleur bleue, et avec une telle intensité qu'ils paraissent *noirs* et *opaques*.

Si ces expériences démontrent, d'une part, que la fécule est formée d'une enveloppe insoluble et d'une matière intérieure soluble, elles montrent aussi que ces deux substances, qui sont également colorées par l'iode, à l'intensité près, qu'on peut expliquer par des variations de densité d'un même principe amilacé, ne diffèrent en effet que par de légères modifications.

La fécule soluble, en dissolution parfaitement transparente, soumise à une très-longue ébullition, n'a point perdu la propriété de se colorer en bleu par l'iode ; ce qui prouve qu'elle n'est point due, ainsi que le pense M. Raspail, à un principe volatil. Evaporée très-fortement, de manière à présenter des couennes gélatineuses et un liquide gommeux, elle n'est plus entièrement soluble dans l'eau froide ; mais ni la matière gélatineuse, ni le liquide transparent qu'on en avait séparé par le filtre, n'avaient perdu la propriété de bleuir très-fortement par l'iode. De la fécule soluble,

transparente, évaporée à siccité, puis traitée par l'eau froide, n'a été dissoute qu'en partie dans l'eau, comme dans l'expérience précédente; la partie insoluble, soumise à une longue ébullition, ne s'y est pas entièrement dissoute; il est resté des pellicules translucides qu'il était impossible de distinguer au microscope, des tégumens plissés, gonflés par l'eau ou les acides, et qui se coloraient en bleu par l'iode. Je ne conclurai pas, dit M. Guibourt, qu'une très-longue ébullition ne puisse faire perdre à l'amidon la propriété de bleuir par l'iode; mais il est certain au moins qu'une ébullition de six à huit heures, et deux évaporations à siccité, ne lui enlèvent pas ce caractère, et que l'amidon soluble desséché n'est pas de la gomme, ainsi que l'a pensé M. Raspail.

Si l'on considère maintenant que les tégumens des granules d'amidon, qui sont insolubles à froid dans l'eau, le deviennent à chaud; qu'ils ont avec la matière soluble qu'ils enveloppent la propriété commune de bleuir par l'iode, et de précipiter la noix de galle et diverses solutions métalliques; que la substance soluble la plus pure devient en partie insoluble par l'évaporation, et que les tégumens de la fécule de pomme de terre finissent par disparaître entièrement par l'ébullition dans une grande masse d'eau, on ne pourra s'empêcher d'admettre que les tégumens et la substance soluble diffèrent plus par la *forme* que par leur nature chimique, et qu'ils constituent un principe immédiat des végétaux.

Mais ce corps est-il parfaitement identique dans tous les végétaux, ou bien forme-t-il un genre susceptible d'offrir un certain nombre d'espèces? Cette question

paraît fort difficile à résoudre à présent, les différences assez tranchées que l'on observe entre plusieurs sortes d'amidon, pouvant être attribuées à l'organisation tout aussi-bien qu'à une variation dans leur nature chimique. Déjà M. Caventou a présenté sur le même sujet des observations intéressantes; mais, étant parti de la supposition que l'amidon est un corps non organisé, toujours insoluble dans l'eau froide, à moins d'avoir subi une sorte de décomposition qui résulte de sa cuisson dans l'eau, il est certain que cette manière de voir a dû l'éloigner de la véritable explication des faits.

*Amidon de blé.* Examiné au microscope, il paraît en globules sphériques d'un volume très-variable. Les plus petits, qui sont innombrables, et qui, à un médiocre grossissement, ne paraissent que des points noirs, semblent ne faire que de naître. On en suit alors l'accroissement jusqu'aux plus gros, qui sont toujours sphériques et d'un volume beaucoup moindre que ceux de la fécule de pomme de terre. L'amidon de blé est d'un blanc parfait et mat. Il communique à l'eau une consistance d'autant plus fortement gélatineuse, que ses granules, étant d'un plus petit volume, contiennent proportionnellement plus de tégumens et moins de matière soluble. Suivant cette manière de voir, qui est la seule admissible aujourd'hui, l'empois consiste dans la dissolution totale de la substance intérieure de l'amidon, et dans la suspension des tégumens qui, gonflés, rapprochés et *adhérens* entre eux, communiquent à la masse sa consistance et sa demi-opacité. L'empois est en partie soluble dans l'eau froide; si on le fait bouillir long-temps dans une grande quantité d'eau, il perd en

grande partie la propriété de reprendre sa consistance gélatineuse ; ce qui tient à ce que les tégumens se divisent de plus en plus dans le liquide, et finissent par constituer la fécule soluble.

Dans l'amidon du commerce, un certain nombre de globules les plus gros ont éte brisés par la meule, ou par l'échauffement résultant de la fermentation ; et c'est à la matière *gélatineuse* qui en est sortie, et qui n'a pas été enlevée par les lavages, que l'on doit attribuer l'adhérence et la dureté prises par l'amidon pendant sa dessication ; tandis que la fécule de pomme de terre, qui n'a rien éprouvé de semblable, reste pulvérulente. M. Raspail, qui n'a pas manqué de faire cette observation, ajoute aussi : « C'est encore la partie soluble de l'amidon « qui fait qu'on s'en sert à froid préférablement pour « empeser le linge ; cependant, en imprégnant le tissu « de fécule de pomme de terre, et en le tenant suffi- « samment humecté, nous avons constaté que l'action « du calorique des *fers à repasser* faisait éclater les « grains de cette fécule, facilitait la dissolution de la « substance soluble, et produisait absolument l'effet de « l'amidon de froment. » Je pense, dit M. Guibourt, que l'utilité de la fécule ne se bornera pas à cet usage, et que la facilité que l'on éprouve à la rendre soluble par le seul broiement à froid, conduira bientôt à l'employer, en place de gomme, dans plusieurs arts qui font une grande consommation de cette substance exotique. Déjà on a tenté de parvenir au même but par la torréfaction ; mais la couleur et l'odeur communiquées au produit ont dû nuire, dans beaucoup de cas, à l'application de ce procédé.

L'*arrow-root*, fécule du *maranta indica*, est en granules plus gros que l'amidon de blé, plus éclatans et entièrement transparens à la loupe. C'est cette plus grande transparence qui ôte à sa poudre une partie de sa blancheur. Examinés au microscope, les grains en paraissent sphériques, et quelquefois triangulaires, comme ceux de la fécule de pomme de terre; mais ils sont d'un volume beaucoup moindre. Toutes deux communiquent à l'eau bouillante moins de consistance que l'amidon; ce qui peut tenir, ou à ce qu'elles renferment plus d'eau, fait constaté par Théodore de Saussure, pour la fécule de pomme de terre, ou à ce qu'elles contiennent une plus grande proportion de fécule soluble, dernière circonstance qui est probablement la cause de la première.

*Moussache* et *tapioka*. Ces deux fécules sont extraites de la racine du *jatropha manihot*, et ne diffèrent que par la manière dont elles ont été desséchées. La première l'a été à l'air libre, et la seconde sur des plaques de fer chaudes, ce qui lui a communiqué la forme de grumeaux irréguliers, composés de grains de fécule agglomérés.

La moussache était peu connue en France, lorsque dernièrement on l'a envoyée de la Martinique, pour la substituer à l'arrow-root de la Jamaïque; et il paraît que déjà une assez grande quantité a été consommée sous ce dernier nom. Il est difficile de l'en distinguer à la simple vue; mais, au microscope, elle est formée de granules *tous sphériques*, beaucoup plus petits que ceux de l'arrow-root, plus petits aussi que les grains adultes de l'amidon de blé, et d'*une égalité de volume*

*remarquable*. Ce dernier caractère ne permet pas de confondre la moussache avec aucune autre fécule.

Le tapioka est en grumeaux très-durs et un peu élastiques, qui paraissent formés, à la loupe, d'agglomérations sphériques de grains de fécule transparens. Mais ces grains ont été en grande partie crevés ou *cuits* par la chaleur : aussi le tapioka, gonflé et délayé dans l'eau froide, fournit-il une dissolution de fécule soluble qui bleuit fortement par l'iode. Délayé dans l'eau et vu au microscope, le tapioka offre un grand nombre de très-petits grains sphériques, semblables à ceux de la moussache ; le reste se compose de tégumens gonflés et plissés, comme ceux des autres fécules.

Le tapioka n'est pas entièrement soluble dans l'eau froide, comme on l'a avancé ; il forme avec l'eau bouillante un empois qui offre un caractère particulier de transparence et de viscosité ; soumis à une longue ébullition, dans une grande quantité d'eau, il laisse un résidu insoluble qui se précipite facilement. Ce résidu, étendu d'eau et coloré par l'iode, pour le rendre plus apparent au microscope, paraît sous forme de *flocons muqueux* qui n'ont aucun rapport avec les tégumens primitifs.

*Sagou*, fécule du *sagus farinaria* ; en petites masses arrondies, très-dures, d'un blanc terne, ou d'une teinte rougeâtre, jointe à une demi-transparence. Cette fécule paraît tellement aride, qu'on la croirait *ligneuse*, si le microscope ne montrait qu'elle est entièrement composée de grains amilacés, semblables à ceux de la pomme de terre, *tous entiers*, mais souvent soudés ensemble et diversement comprimés. L'eau froide n'en

dissout presque rien, et l'iode ne fait prendre qu'une teinte violâtre à la dissolution filtrée. La chaleur fait crever les grains et met à nu les tégumens, qui sont de tous les plus insolubles et les plus résistans à l'action de l'eau bouillante ; car, si long-temps qu'on les soumette à l'ébullition, et si grande que soit la quantité d'eau, ils restent toujours sous forme d'un résidu insoluble, facile à séparer par le repos, et qui, vu au microscope et coloré par l'iode, paraît avoir conservé la forme isolée des grains de fécule.

On admet généralement que le sagou doit sa couleur rousse inégale à un commencement de torréfaction; mais l'intégrité des granules montre que la chaleur employée a été très-médiocre ; et la coloration partielle de cette fécule doit être plutôt attribuée à un principe étranger, non complètement enlevé par le lavage, et qui, contribuant à unir les grains entre eux, est la cause de leur demi-transparence.

*Amidine.* Théodore de Saussure a donné ce nom à l'un des produits de l'altération spontanée de l'empois. Suivant M. Raspail, cet amidon n'est autre chose que le tégument de l'amidon échappé à la décomposition ; et, d'après M. Caventou, l'amidon ne diffère pas de son *amidon modifié*, qui répond à notre *fécule soluble.* Quelle que soit l'apparente opposition de ces deux chimistes, il ne me sera pas difficile de les accorder.

Dans l'expérience de M. de Saussure, l'empois d'amidon ayant été abandonné pendant deux ans à l'air libre, la pâte grise et moisie qui restait a été mise en macération dans l'eau froide, et lavée avec ce liquide. L'eau, évaporée a fourni du sucre et de la gomme.

Le résidu insoluble dans l'eau froide étant soumis deux fois à l'ébullition dans l'eau, la liqueur, filtrée à froid et évaporée à siccité, a laissé un produit fragile, jaune, demi-transparent, dont le poids égalait la septième partie de l'amidon employé. « Cette substance, dit M. de Saussure, a des propriétés intermédiaires entre celles de la gomme et de l'amidon; pour éviter les périphrases, je lui donnerai le nom d'*Amidine.* »

Pour purifier ce produit, M. de Saussure le lave avec une petite quantité d'eau froide, le fait dissoudre dans l'eau bouillante, filtre après refroidissement, et fait sécher de nouveau. Alors l'amidon se présente en fragmens *blancs* et *opaques*, ou sous l'apparence d'une matière *jaune pâle*, *demi-transparente* et friable. L'eau froide ne la dissout pas en toutes proportions; mais elle se dissout entièrement dans l'eau à 60 degrés. Sa dissolution bleuit par l'iode, peut contenir le quart de son poids d'amidon, sans se troubler ou se convertir en gelée par le refroidissement. Plus rapprochée, elle se précipite, en partie, par le refroidissement, en une matière blanche et opaque, etc.

La première chose que l'on remarque dans ces résultats, c'est que l'amidine est extraite d'un produit insoluble dans l'eau froide, et que cependant elle y est soluble, puisque c'est sur ce caractère que se fonde surtout M. de Saussure pour la distinguer de l'amidon. Or, en réfléchissant, 1° que l'empois contient encore les tégumens de la fécule seulement gonflés et non dissous, puisque c'est une condition nécessaire de sa consistance particulière; 2° que ces tégumens sont insolu-

les dans l'eau froide, mais qu'une fois dissous, au moins en partie, par l'ébullition, dans une grande masse d'eau, ils forment une liqueur qui offre toutes les propriétés de la fécule soluble, propriétés qui sont exactement celles de l'amidine de M. de Saussure, on sera convaincu, avec M. Raspail, que M. de Saussure n'a retiré cette substance que d'une partie des tégumens échappés à la décomposition spontanée de l'empois; et avec M. Caventou, que cette amidine n'est que de l'amidon *modifié*, ou autrement de l'amidon *soluble*. Les chimistes qui n'adopteront pas nos idées sur la différence purement de *forme* de ce corps avec le tégument, et qui les regarderont comme deux corps différens, pourront se servir de ce nom *amidine* pour désigner sans périphrase la fécule soluble.

(*Journal de Chimie médicale*, t. v, p. 97.)

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi 2 février 1829.*

*Titres des ouvrages manuscrits reçus dans cette séance :* Mémoire sur les monstruosités dites par inclusion, par M. Le Sauvage, de Caen; Mémoire sur la coloration des nuages, par M. Clos de Sorèse; Mémoire sur l'influence de la température sur la mortalité des enfans, par MM. Villermé et Milne Edwards; Additions à un Mémoire sur le rouissage, par M. Limousin;

Mémoire sur la torsion et les vibrations tournantes d'une verge rectangulaire, par M. Cauchy.

Le Ministre de la marine demande un rapporte sur les travaux scientifiques exécutés sur la gabarre du Roi *la Chevrette*.

M. Le Bœuf envoie un animal qu'il croit produit par l'accouplement d'un chien et d'une brebis.

M. Cuvier, au nom d'une commission, fait un rapport très-favorable sur le 3me Mémoire de zoologie que MM. Quoy et Gaymard ont adressé depuis leur départ avec le capitaine Durville.

M. Navier rend un compte verbal de l'ouvrage que MM. Tourasse et Mellet ont publié sur les bateaux à vapeur.

M. Mongez continue la lecture de son Mémoire sur les animaux tués dans les cirques chez les anciens.

On nomme, à la fin de la séance, les commissions qui, cette année, décerneront les divers prix de physique et de mathématiques que l'Académie a proposés.

*Séance du lundi 9 février.*

*Mémoires manuscrits :* Mémoires sur la théorie mathématique de la chaleur, par M. Duhamel; Lettre de M. Tournal sur une grotte située près de la petite ville de Bise, en Languedoc, et dans laquelle se trouvent des ossemens humains mêlés aux ossemens de diverses espèces d'animaux, et même à des débris de poterie.

M. Cauchy annonce qu'il présentera, dans la prochaine séance, un nouveau travail concernant la résolution des équations numériques, et qu'il a fait dépendre

de la simple division algébrique, la détermination d'une fonction symétrique quelconque des racines d'une équation donnée, soit littérale, soit numérique. M. Cauchy détermine aussi une limite de la plus petite différence entre deux racines réelles, sans recourir à l'équation aux carrés des différences.

M. Geoffroy, au nom d'une commission, fait un rapport sur l'animal qu'on avait présenté comme le produit de l'accouplement d'un chien et d'une brebis. Les commissaires ne croient pas que cet accouplement, s'il a eu lieu, ait donné naissance à l'animal en question.

M. Poisson lit un Mémoire, dont on a trouvé un extrait dans le Cahier précédent, sur les proportions des naissances des garçons et des filles.

M. Roulin commence la lecture d'un Mémoire sur une nouvelle espèce de tapir découverte dans la Cordilière des Andes.

*Séance du lundi 16 février.*

*Mémoires manuscrits :* Observations météorologiques, par M. Tardy de La Brossy ; Quelques détails sur un ossement humain fossile trouvé dans une plâtrière, par M. Julia Fontenelle ; Cartes et Manuscrits des observations recueillies pendant le voyage *de la Chevrette* ; Mémoire sur le cétacé échoué le 27 novembre 1828, sur le rivage de la mer Méditerranée, dans le département des Pyrénées-Orientales ; Sur les perfectionnemens apportés aux instrumens de lithotritie, par M. Le Roy d'Etioles ; Réponse de M. Thomas aux objections qu'on a faites contre l'exactitude de sa statistique de l'île de Bourbon.

M. Civiale lit une Note sur le catarrhe vésical chez les vieillards, et sur un moyen de le guérir.

M. Pouillet lit un Mémoire sur les répulsions ou attractions apparentes que les corps échauffés paraissent exercer, et sur la vitesse de propagation de la chaleur.

M. de Pontécoulant lit un Mémoire sur les inégalités de Jupiter et de Saturne.

M. Héricart de Thury lit une Notice sur le percement d'un puits artésien exécuté avec succès à la Gare de Saint-Ouen.

*Séance du lundi 23 février.*

*Mémoires manuscrits :* Lettre dans laquelle M. Fontaneilles rappelle un ouvrage, dont il est l'auteur, sur la prédominance relative des sexes, et qui a été publié avant celui de M. de Buzareingues ; Recherches expérimentales sur la direction que prend la radicule dans l'acte de la germination, par M. Pinot ; Nouvelle méthode pour la détermination des longitudes, par M. Dard ; Mémoire sur la forme du globe terrestre, par M. Gaussion ; Supplément au Mémoire de M. Duhamel, sur la théorie mathématique de la chaleur.

M. Croucher, horloger anglais, lit la description d'un nouveau chronomètre.

M. Cuvier fait un rapport verbal sur l'Histoire naturelle des aphysiens de M. Rang.

M. Héron de Villefosse rend un compte verbal de la relation historique, pittoresque et statistique du voyage de S. M. Charles X, en 1827, dans le département du Nord, par M. Charles Durozoir.

M. Cauchy lit le Mémoire qu'il avait annoncé dans

une des séances précédentes, sur la résolution des équations numériques. A cette occasion, M. Legendre cite plusieurs découvertes fort remarquables dont M. Abel de Christiania lui a fait part récemment. Ce jeune géomètre, entre autres choses, est parvenu à assigner *des conditions* spéciales auxquelles les coëfficiens d'une équation quelconque doivent satisfaire, pour que cette équation puisse être résolue algébriquement, c'est-à-dire, par des expressions en radicaux analogues à celles des racines des équations des 3me et 4me degrés.

M. Babinet présente un Mémoire sur les phénomènes d'interférence des doubles surfaces à distance, et sur les couleurs des plaques épaisses.

M. Becquerel lit un Mémoire sur l'emploi de l'électricité comme moyen de produire des combinaisons chimiques.

L'Académie s'occupe ensuite de la nomination des commissions qui adjugeront les divers prix fondés par M. de Monthyon.

---

## Essai *sur l'Influence que la liquéfaction exerce sur le volume et la dilatabilité de quelques corps.*

Par Mr G.-A. Erman.

En considérant les progrès rapides que l'on vient de faire pendant ces dernières années dans plusieurs branches importantes de la théorie de la chaleur, et les lumières que l'application du calcul, aidé par la théorie

atomistique, a répandues sur cette partie de nos connaissances, il est étonnant de voir que le phénomène de la dilatation, qui sert de base à tout le reste, ait été jusqu'ici étudié avec assez peu de fruit. Ce n'est que depuis le travail de MM. Dulong et Petit (qui fait époque pour la chaleur spécifique), qu'on peut espérer de voir ce phénomène présenté sous un point de vue plus général; car, si ces physiciens illustres parviennent à constater la liaison qu'ils entrevoient entre la dilatabilité et les poids des atomes de différens corps (1), il est presque hors de doute que nos connaissances sur ce point acquerront bientôt une précision inattendue.

Dans cet espoir, il ne paraît que plus désirable de voir s'augmenter le nombre des faits qui pourront servir un jour à prouver la théorie. C'est sous ce point de vue que la suite d'expériences que nous osons exposer ici ne sera peut-être pas dépouillée de tout intérêt. Elles ont eu pour but de rechercher l'influence de la liquéfaction sur le volume et la dilatabilité des corps. Ce n'est que pour l'*eau* que des expériences de ce genre ont été entreprises jusqu'ici; et encore ne semblent-elles pas avoir été faites avec tout le soin qu'exige une recherche pareille; je viens d'y ajouter un essai sur deux autres corps : l'*alliage* de

2 part. de bismuth
1 de plomb
1 d'étain

} connu, à Berlin, sous le nom de M. Rose père;

et le phosphore.

(1) *Annales de Chimie*, t. x, p. 412 et suiv.

Tous les deux, à cause de leur prompte liquéfaction, sont très-propres au but proposé.

Les bornes d'un simple extrait ne nous permettant pas d'entrer dans de longs détails sur les méthodes que nous avons suivies pour la recherche des changemens de volume, nous ne les indiquerons qu'en peu de mots.

Les pesées hydrostatiques nous ont paru préférables aux autres méthodes, parce qu'elles permettent de conserver une parfaite égalité de circonstances pour la recherche de la dilatation dans l'un et l'autre état des corps soumis à l'examen. Une petite cuvette hémisphérique, d'un verre fort mince, suspendue par un fil de métal au levier d'une balance exacte, servait à contenir le corps à éprouver, et plongeait dans un liquide dont on élevait graduellement la température au moyen d'un bain. Un thermomètre, dont la boule était soigneusement soutenue à la même hauteur que le centre de la cuvette, accusait à chaque moment la température de la couche de niveau qui entourait le corps.

Le liquide était renfermé dans un vase assez petit pour que l'on pût, au moyen d'un agitateur, l'amener à une température uniforme.

Les pesées de l'alliage ont été faites dans de l'huile d'olive; celles du phosphore dans de l'eau.

La *dilatation absolue* du premier de ces fluides n'ayant pas encore été déterminée, il nous a fallu faire des expériences préliminaires à ce sujet. Des pesées d'une boule de verre massive, qui plongeait dans de l'huile d'olive amenée graduellement depuis o jusqu'à 160°

de l'échelle de Réaumur, nous ont donné pour la dilatation apparente dans des vases de verre, la formule :

$$\text{I.} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \frac{1+\varphi^{(t)}}{1+\varphi'^{(t)}} = 1 + 0{,}00089015776.\, t.$$
$$+ 0{,}0000044501 13\, t^2 + 0{,}00000000093 1780\, t^3 \,;$$

$\varphi^{(t)}$ désignant la dilatation de l'huile depuis zéro jusqu'à $t$, exprimée en parties du volume primitif à zéro ;

et $\varphi'^{(t)}$ la dilatation du verre entre les mêmes limites également en parties du volume primitif à zéro.

Les pesées ont été faites de 5 en 5 degrés, et les coëfficiens constans de la formule ont été déterminés au moyen de la méthode des moindres carrés.

Qu'il nous soit permis de comparer cet énoncé analytique à celui qui résulte des observations de Deluc. L'accord de nos résultats avec ceux d'un aussi grand physicien engagera peut-être à leur accorder plus de confiance que l'auteur d'un premier essai ne pourrait se flatter d'en obtenir.

M. Paucker, dans un ouvrage qui porte pour titre : *Sur l'application de la méthode des moindres carrés à la physique*, trouve, d'après les observations de Deluc, la formule suivante pour la dilatation de l'huile d'olive dans des vases de verre :

$$T_t = 0{,}95713302\, t + 0{,}0005221126\, t^2$$
$$- 0{,}000000091202\, t^3 \,;$$

$T_t$ désignant la dilatation apparente de o à $t$, exprimée en parties de la dilatation totale de o à 80. Désignons

cette dernière par la lettre $D$, nous aurons, d'après la notation précédente :

$$\frac{1+\varphi^{(t)}}{1+\varphi'^{(t)}}=1+\frac{D.T^t}{80};$$

et substituant pour $D$ la valeur 0.07453776 qui résulte de notre formule, on trouve comme résultat de Deluc:

$$\frac{1+\varphi^{(t)}}{1+\varphi'^{(t)}}=1+0{,}000891781 69t+0{,}0000004864638\,t^2$$
$$-0{,}0000000008499\,t^3.$$

Eu égard à la différence des méthodes et à l'étendue des limites entre lesquelles les deux formules peuvent être regardées comme exactes (celle de Deluc se fondant sur des observations entre 0 et 80, la nôtre s'étendant depuis 0 à 160), l'écart qui existe entre elles ne paraîtra pas trop grand.

Substituant pour la dilatation du verre entre 0 et 160, la valeur que lui attribuent les expériences de MM. Dulong et Petit, et que nous avons tâché d'exprimer par $1+\varphi'(t)=0{,}0000300000\,t+0{,}00000002873\,t^2$, on trouve pour la dilatation vraie de l'huile d'olive :

$$\text{II}\ldots\ldots\ldots\ldots\ (1+\varphi^{(t)})=1+0{,}00092015776\,t$$
$$+0{,}0000005004504\,t^2+0{,}00000000970708\,t^3.$$

Après avoir obtenu une détermination exacte du poids absolu de la cuvette de verre, ses poids apparens dans de l'huile à différentes températures ont été calculés d'après la formule 1. Les valeurs ayant été soustraites des poids observés de la manière sus-mentionnée, ont donné, pour ceux du métal même, les nombres que nous allons exposer plus bas.

L'expérience ayant prouvé l'impossibilité d'obtenir une parfaite égalité de température entre le métal et l'huile environnante ; il nous a fallu faire des essais directs au sujet de la différence entre l'une et l'autre. L'huile et le métal qui y plonge ayant été portés à la température de 160°, deux thermomètres exactement comparés ont été introduits, l'un dans l'huile de la manière susdite, l'autre, dans le métal fondu. Pendant le refroidissement de l'appareil, il a été facile de construire, de degré en degré, une table de concordance entre les deux températures en question. Comme les pesées ont été faites dans des circonstances rigoureusement égales à celles de cette comparaison, la marche observée peut être employée dans le calcul des observations sans aucune crainte d'erreur à cet égard. Voici la formule qui nous a servi pour ce calcul :

$$v\,(1+\varphi'(\theta)) = \frac{A - a_t}{\pi}\,(1+\varphi^{(t)}).$$

Désignant par $v$ le volume du métal à zéro exprimé en centimètres cubes ;

$\varphi'(\theta)$ la dilatation du métal depuis zéro jusqu'à la température $\theta$, exprimée en parties du volume primitif à zéro ;

$A$ le poids absolu du métal dans le vide ;

$a_t$ le poids apparent dans l'huile de $t$ degrés de température ;

$\pi$ le poids d'un centimètre cube d'huile à la température de zéro ;

$\varphi^{(t)}$ dilatation de l'huile depuis zéro jusqu'à $t$ en parties du volume à zéro ;

$t$ température observée de l'huile ;

$\theta$ temperature du métal déduite d'après la la concordance observée.

La constante $\pi$ a été déterminée pour l'huile employée $= 14^{grains},922694$. Comme la même notation a été suivie dans le tableau suivant, il n'y restera plus d'ambiguité. Les 4 premières colonnes contiennent les résultats immédiats de trois séries d'observations ; les quatre qui suivent représentent les volumes déduits par le calcul de chacune d'elles. Les deux dernières enfin offrent les milieux entre les résultats des trois séries d'observations, réduits en outre à des intervalles égaux de température.

| t | I | II | III | θ | I | II | III | θ | Volu… mét.; ne de séries |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | ........ | ........ | 635,710 | 0° | ........ | ........ | 1,000000 | 0° | 1,00000 |
| 5 | ........ | ........ | 635,887 | 5 | ........ | ........ | 1,000880 | 5 | 1,00088 |
| 10 | ........ | ........ | 636,110 | 10 | ........ | ........ | 1,001923 | 10 | 1,00192 |
| 15 | ........ | ........ | 636,350 | 15 | ........ | ........ | 1,003258 | 15 | 1,00326 |
| 20 | ........ | 432,890 | 636,587 | 20 | ........ | 1,005086 | 1,004435 | 20 | 1,00443 |
| 25 | ........ | ........ | ........ | 25 | ........ | ........ | ........ | 25 | 1,00681 |
| 30 | 397,207 | 433,142 | ........ | 32 | 1,008850 | 1,008850 | ........ | 30 | 1,00803 |
| 35 | 397,437 | 433,408 | ........ | 37·1 | 1,008067 | 1,007797 | ........ | 35 | 1,00830 |
| 40 | 397,724 | 433,703 | ........ | 42·2 | 1,005916 | 1,006005 | ........ | 40 | 1,00679 |
| 45 | 398,319 | 434,297 | ........ | 47·3 | 0,996347 | 0,997575 | ........ | 45 | 1,00129 |
| 50 | 398,648 | 434,767 | ........ | 52·4 | 0,993081 | 0,991805 | ........ | 50 | 0,99480 |
| 55 | 398,829 | ........ | ........ | 57·5 | 0,993354 | ........ | ........ | 55 | 0,99291 |
| 60 | 398,965 | ........ | ........ | 62·8 | 0,994505 | ........ | ........ | 60 | 0,99389 |
| 65 | 398,824 | ........ | ........ | 73·6 | 1,002823 | ........ | ........ | 65 | |
| 70 | 398,524 | ........ | ........ | 76·4 | 1,014911 | ........ | ........ | 70 | 1,00005 |
| 75 | 398,634 | ........ | ........ | 79·5 | 1,016994 | ........ | ........ | 75 | 1,00862 |
| 80 | 398,758 | ........ | 639,789 | 84·0 | 1,018736 | ........ | 1,017367 | 80 | 1,01792 |
| 85 | 398,886 | ........ | 640,011 | 88·0 | 1,020382 | ........ | 1,018721 | 85 | 1,01842 |
| 90 | 399,059 | ........ | 640,231 | 93·0 | 1,020916 | ........ | 1,020100 | 90 | 1,01993 |
| 95 | 399,208 | ........ | 640,437 | 98·0 | 1,022042 | ........ | 1,021708 | 95 | 1,02105 |
| 100 | 399,361 | ........ | 640,712 | 103·1 | 1,023044 | ........ | 1,022248 | 100 | 1,02217 |
| 105 | 399,547 | ........ | 640,948 | 108·2 | 1,023252 | ........ | 1,023361 | 105 | 1,02289 |
| 110 | 399,661 | ........ | 641,157 | 113·2 | 1,025275 | ........ | 1,024931 | 110 | 1,02395 |
| 115 | 399,836 | ........ | 641,428 | 118·0 | 1,025740 | ........ | 1,025506 | 115 | 1,02529 |
| 120 | 399,999 | ........ | 641,681 | 122·4 | 1,026509 | ........ | 1,026372 | 120 | 1,02599 |
| 125 | 400,182* | ........ | 641,923 | 127·3 | ........ | ........ | 1,027414 | 125 | 1,02695 |
| 130 | 400,235* | ........ | 642,183 | 132·0 | ........ | ........ | 1,028164 | 130 | 1,02784 |
| 135 | 400,524* | ........ | 642,393 | 136·7 | ........ | ........ | 1,029732 | 135 | 1,02916 |
| 140 | ........ | ........ | 642,615 | 141·3 | ........ | ........ | 1,031110 | 140 | 1,03072 |
| 145 | 400,884* | ........ | 642,889 | 146·0 | ........ | ........ | 1,031632 | 145 | 1,03152 |
| 150 | 401,016* | ........ | 643,112 | 150·8 | ........ | ........ | 1,032998 | 150 | 1,03277 |
| 155 | ........ | ........ | 643,341 | 155·8 | ........ | ........ | 1,034225 | 155 | 1,03403 |
| 160 | ........ | ........ | 643,597 | 160·8 | ........ | ........ | 1,035095 | 160 | 1,03495 |

A = 439,890. A = 479,456. A = 705,045
v = 2,90673. v = 3,15965. v = 4,64630

Les nombres marqués d'une * sont évidemment erronés et, comme tels, ils ont été exclus du calcul,

Une inspection rapide de la dernière colonne fait voir des particularités très-frappantes dans la marche de dilatation des corps examinés. Pour faciliter mes recherches, j'ai représenté les volumes par un tracé graphique semblable à celui dont on fait un usage fréquent en météorologie : les *abscisses* étaient des degrés de l'échelle de Réaumur; les ordonnées exprimaient les changemens de volumes correspondans en parties du volume primitif à zéro.

Voici les conséquences tirées de notre figure qui nous paraissent le plus dignes d'attention :

Depuis la température de *zéro* jusqu'aux environs de 35°, les changemens de volume du métal sont à très-peu près proportionnels à la température, car la première branche de la courbe approche beaucoup d'être une ligne droite. Au-delà de 35°, où se trouve à peu près le *maximum* de volume, la dilatation est remplacée par une contraction d'abord très-rapide, mais qui diminue peu à peu jusqu'à environ 55°, où un rebroussement de la courbe indique un *minimum* de volume.

Les dilatations qui suivent commencent par être très-lentes et s'augmentent après, graduellement, jusqu'au 75ème degré, terme de la liquéfaction du métal; entre 75° et 80° la dilatation est encore très-forte; mais au-delà de ce terme elle reprend une marche, qui paraît être rigoureusement semblable à celle que nous avons observée avant l'oscillation irrégulière de volume, c'est-à-dire, entre o et 35. Prolongeant en arrière jusqu'à zéro la dilatation observée au-delà de 80°, elle donne au volume primitif la même valeur que l'observation; d'où l'on conclut que l'oscillation de volume (entre 35 et 75) n'a

aucune influence sur le volume final après la liquéfaction.—Une particularité très-frappante, dont on se convaincra par l'inspection de la courbe si on la trace, c'est que le volume du terme de la liquéfaction se trouve égal à celui du 35ème degré ou du point de *maximum* (1).

Pour étudier plus à fond les changemens extraordinaires de volume, entre 35° et 75°, nous avons fait, entre ces points, des pesées répétées de 2 en 2 degrés, dont les résultats sont réunis dans le tableau suivant :

| Temp. de l'huile. $t$ | Poids du métal dans l'huile. $a_t$ | Temp. du métal. $\theta$ | Volumes. $[1+\varphi(\theta)]$ | Volumes réduits pour des intervalles de température égaux. |
|---|---|---|---|---|
| 31·4 | 397 269 | 33·5 | 1, 007542 | 32°; 1,007297 |
| 34·6 | 397 405 | 36·7 | 1, 008066 | 35 ; 1,008364 |
| 35·9 | 397 479 | 38·0 | 1, 007353 | 38 ; 1,007353 |
| 40·0 | 397 697 | 42·2 | 1, 006005 | 41 ; 1,006390 |
| 41·6 | 397 865 | 42·8 | 1, 003486 | 44 ; 1,001466 |
| 42·6 | 398 045 | 44·8 | 1, 000120 | 47 ; 0,996196 |
| 45·6 | 398 385 | 47·8 | 0, 994769 | 50 ; 0,992921 |
| 47·7 | 398 543 | 50·0 | 0, 992921 | 53 ; 0,992150 |
| 50·6 | 398 686 | 52·9 | 0, 992175 | 56 ; 0,991337 |
| 58·0 | 398 940 | 60·6 | 0, 992909 | 59 ; 0,992071 |
| 59·3 | 398 962 | 61·9 | 0, 993590 | 62 ; 0,993640 |
| 60·6 | 398 968 | 64·0 | 0, 994647 | 65 ; 0,994788 |
| 61·6 | 398 996 | 65·7 | 0, 994887 | 68 ; 0,996802 |
| 62·4 | 398 996 | 67·0 | 0, 995639 | 71 ; 1,001057 |
| 64·8 | 398 805 | 72·1 | 1, 002546 | 74 ; 1,008022 |
| 67·4 | 398 470 | 75·8 | 1, 013194 | 77 ; 1,0015765 |
| 69·5 | 398 513 | 76·1 | 1, 014420 | 80 ; 1,0017920 |
| 71·9 | 398 565 | 76·6 | 1, 015172 | |

Il ne paraît pas hors de propos d'indiquer ici en peu de mots une manière facile de se convaincre par l'expé-

(1) Une tangente menée à ce dernier point rencontre la courbe dans un point dont l'abscisse est égale à 75°.

rience de l'existence de l'anomalie dans la dilatation de l'alliage examiné.

Qu'on remplisse du métal fondu, un tube de thermomètre qu'il est bon de chauffer auparavant un peu au-delà de 60 degrés : on y parvient aisément en plongeant le bout chauffé dans le métal coulé, pendant qu'on aspire l'air par l'autre. Qu'on le laisse *peu à peu se refroidir* ; on verra assez long-temps après la solidification du métal, le tube se rompre subitement par une quantité de petites crevasses. Pour trouver la température du métal qui répond à ce phénomène singulier, nous avons plongé les tubes, après les avoir remplis, dans un petit bain d'eau, muni d'un thermomètre et chauffé jusqu'à environ 60 degrés. Laissant refroidir le tout, nous nous sommes convaincus que la température en question est à très-peu près égale à 40°.

Cette anomalie apparente s'accorde évidemment avec la marche du volume énoncée plus haut ; car, vu que le métal devient solide à 75° et se moule, pour ainsi dire, sur la forme antérieure du tube ; vu de plus qu'il acquiert à 35° un volume égal à celui du terme de congélation ; en ajoutant à cela la contraction du verre entre 75 et 35, il est évident qu'à une température qui approche de ce dernier degré, le diamètre du cylindre métallique doit surpasser celui de la cavité du verre : ce qui cause une rupture inévitable.

---

La dilatation du phosphore a été observée entre 0 et 70 Réaumur. L'appareil et la manière d'observer n'ont été changés que par la substitution de *l'eau distillée* à l'huile d'olive. Une comparaison antérieure nous avait

donné les différences de température entre le phosphore et le liquide environnant.

Le tableau suivant réunit les nombres observés et les résultats du calcul. Il a été formé au moyen de la table de la *dilatation de l'eau*, que MM. Deflers et Pouillet ont calculée sur les observations de M. Charles.

| Température de l'eau. | | | Poids du phosphore dans l'eau. | | | Température du phosphore. | | | Volumes du phosphore. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. | II. | III. | I. | I . | III. | I. | II. | III. | I. | II. | III. |
| ...... | ...... | ...... | ........ | ........ | ........ | ...... | ...... | 0°, 0 | .......... | .......... | 1, 000000 |
| ...... | ...... | 2°. 9 | ........ | ........ | 64, 954 | ...... | ...... | 2, 9 | .......... | .......... | 1, 001461 |
| ...... | ...... | 5. 1 | ........ | ........ | 64, 871 | ...... | ...... | 5, 1 | .......... | .......... | 1, 002571 |
| ...... | ...... | 7. 6 | ........ | ........ | 64, 736 | ...... | ...... | 7, 6 | .......... | .......... | 1, 004466 |
| ...... | ...... | 9. 0 | ........ | ........ | 64, 689 | ...... | ...... | 9, 0 | .......... | .......... | 1, 005212 |
| ...... | ...... | 11. 0 | ........ | ........ | 64, 699 | ...... | ...... | 11, 0 | .......... | .......... | 1, 005366 |
| ...... | ...... | 12. 4 | ........ | ........ | 64, 691 | ...... | ...... | 12, 4 | .......... | .......... | 1, 005711 |
| ...... | ...... | 13. 4 | ........ | ........ | 64, 670 | ...... | ...... | 13, 4 | .......... | .......... | 1, 006172 |
| ...... | ...... | 14. 3 | ........ | ........ | 64, 664 | ...... | ...... | 14, 3 | .......... | .......... | 1, 006439 |
| ...... | 15°. 0 | ...... | ........ | 64, 408 | ........ | ...... | 15°, 0 | ...... | .......... | 1, 006630 | |
| ...... | 16. 8 | ...... | ........ | 64, 402 | ........ | ...... | 16, 0 | ...... | .......... | 1, 006953 | |
| 19. 0 | ...... | ...... | 60, 275 | ........ | ........ | 19°. 0 | ...... | ...... | 1, 008504 | | |
| ...... | 20. 0 | ...... | ........ | 64, 333 | ........ | ...... | 20, 0 | ...... | .......... | 1, 008973 | |
| ...... | 25. 0 | ...... | ........ | 64, 247 | ........ | ...... | 25, 0 | ...... | .......... | 1, 011889 | |
| ...... | 28. 7 | ...... | ........ | 64, 183 | ........ | ...... | 28, 7 | ...... | .......... | 1, 014338 } | |
| 30. 0 | 30. 0 | ...... | 66, 406 | 61, 698 | ........ | 30, 6 | 30, 6 | ...... | 1, 046120 | 1, 046847 }* | |
| 35. 0 | 35. 0 | ...... | 66, 256 | 61, 529 | ........ | 34, 8 | 34, 8 | ...... | 1, 051764 | 1, 051709 | |
| 40. 0 | 40. 0 | ...... | 66, 102 | 61, 566 | ........ | 39, 3 | 39, 3 | ...... | 1, 056702 | 1, 054319 | |
| 45. 0 | 45. 0 | ...... | 66, 170 | 61, 572 | ........ | 44, 2 | 44, 2 | ...... | 1, 059324 | 1, 057679 | |
| 50. 0 | 50. 0 | ...... | 66, 141 | 61, 580 | ........ | 49, 0 | 49, 0 | ...... | 1, 063454 | 1, 061349 | |
| 55. 0 | ...... | ...... | 66, 106 | ........ | ........ | 53, 5 | ...... | ...... | 1, 067985 | | |
| 60- 0 | ...... | ...... | 66, 207 | ........ | ........ | 58, 5 | ...... | ...... | 1, 071143 | | |
| 65. 0 | ...... | ...... | 66, 267 | ........ | ........ | 63, 6 | ...... | ...... | 1, 075070 | | |
| 70. 0 | ...... | ...... | 66, 304 | ........ | ........ | 68, 5 | ...... | ...... | 1, 079086 | | |

A la colonne I correspond A = 153,704 ; à la colonne II, A = 143,208 ; à la colonne III, A = 143,764 ; à la température marquée d'une *, le phosphore fond.

L'anomalie de volume qui résulte de la solidification du phosphore, se montre d'une manière très-évidente dans les poids observés. On voit, par la seconde série d'observations, qu'entre 60° et 30°, cinq degrés de changement de température n'ont produit qu'un changement de poids d'environ $\frac{1}{10}$ de grain, tandis que le refroidissement de 30 à 29 amène subitement un accroissement de poids de plus de 2g, 4. Le calcul démontre qu'une contraction subite est la cause de cette anomalie.

Voici les conséquences qui s'aperçoivent immédiatement à la simple inspection du tracé graphique des observations. . . .

Les changemens de volume du phosphore solide sont proportionnels à la température : à l'exception de quelques irrégularités qu'on est très-fondé à attribuer à des erreurs d'observations.

La liquéfaction produit une expansion subite, entièrement indépendante de la température.

Le phosphore à l'état liquide se dilate beaucoup plus fortement qu'avant sa liquéfaction ; mais ses changemens sont encore sensiblement proportionnels à la température.

Qu'il nous soit permis de terminer cet abrégé de nos observations par un tableau comparatif des phénomènes résultans de la liquéfaction, dans les trois corps qui ont été examinés à cet égard.

Les données pour la *dilatation de la glace* sont tirées d'un Mémoire de M. P. Heinrich, qui fait partie des *Mém. de l'Acad. roy. de Bavière*, an. 1806, part. II, p. 149.

Cet auteur trouva que la *contraction cubique* correspondante à 80 Réaumur était =0. 073536.

Tandis que celle de l'eau, n'est que : =0. 043859.

| L'eau. | L'alliage de { 2 bismuth. 1 plomb. 1 étain. | Le phosphore. |
|---|---|---|
| 1) Elle se dilate par la congélation.<br>2) Sa dilatabilité est *plus forte* après la congélation, qu'avant ce terme.<br>3) Elle parvient à un *minimum* de volume étant *liquide*.<br>4) Les *volumes du liquide* qu'indiquerait la continuation de la marche de dilatation du solide, sont plus *grands* que les résultats de l'observation. | 1) Se condense par la solidification.<br>2) Sa dilatabilité est *sensiblement égale* avant et après la solidification.<br>3) Il parvient à un *minimum* de volume, étant *solide*.<br>4) Les *volumes du liquide*, indiqués par la continuation de la marche de dilatation du solide, *égalent* le résultat de l'observation. | 1) Se condense par la solidification.<br>2) Sa dilatabilité est *moindre* après la solidification, qu'avant ce terme.<br>3) Il n'existe pas de *minimum*.<br>4) Les *volumes du liquide* indiqués par la continuation de la marche de dilatation du solide, sont *moindres* que les résultats de l'observation. |

Les résultats énoncés dans les numéros (2) et (4), au sujet des trois corps en question, nous paraissent confirmer d'une manière très-frappante la théorie atomistique de la dilatation reçue jusqu'à présent.

En effet, supposons que les changemens de volumes effectués sur le même corps par l'unité de température, soient en raison directe d'une puissance entière quelconque de la distance des molécules ; on en déduira comme première conséquence, l'impossibilité d'une égalité rigoureuse des changemens successifs de volumes ; il n'y a cependant rien qui nous empêche de supposer les différences secondes des volumes, assez petites pour se soustraire à une observation renfermée dans les limites assez

rapprochées. Mais si par une cause quelconque, il arrive à un corps un changement de volume subit et indépendant de la température, la théorie demande que les incrémens de volumes, produits par l'unité de température immédiatement avant et après ce changement accidentel, *diffèrent entre eux*.

C'est, en effet, ce que le tableau précédent confirme pleinement.

Une comparaison des numéros (2) et (4) de la 3ème colonne fait voir que le phosphore se dilate beaucoup plus fortement étant *liquide* que pendant *la solidité*; et qu'en même temps le volume acquis par la *liquéfaction* surpasse de beaucoup celui qu'il occupe immédiatement avant ce terme.

La même conformité entre la théorie et l'observation a lieu à l'égard des deux autres corps. Abstraction faite de l'oscillation du volume de l'alliage, entre 35° et 75°, qui probablement dépend d'élémens différens de la température, les changemens de volumes sont sensiblement égaux avant et après la liquéfaction, et l'énoncé du *numéro* (4) offre, d'après la théorie mentionnée, une raison suffisante de cette égalité.

La dilatabilité de l'eau est plus grande avant la liquéfaction qu'après ce terme : les volumes acquis dans l'un et l'autre états sont dans le sens que la théorie demande d'après cette donnée.

Il ne serait pas sans intérêt de vérifier, par des expériences faites sur d'autres corps, le théorème qu'on peut énoncer ainsi :

Pour un même corps, la plus grande dilatabilité se trouve du côté du plus grand volume acquis.

Les formules suivantes représentent, d'une manière assez approchée les volumes des corps examinés.

Pour l'*alliage* de Rose on a :

$$v^{(t)} = 1 + 0.000218639\,t - 0.000934252\sqrt{(t-34^\circ,9)(72^\circ,3-t)},$$

si l'on égale à zéro toutes les valeurs imaginaires du facteur irrationnel.

Pour le *phosphore solide* :

$v^{(t)} = 1 + 0.00047425 \,.\, t$, depuis $t = 0$ jusqu'à $t = 30^\circ$.

Pour le *phosphore liquide* :

$v^{(t)} = 1.045733 + 0.00090826\,(t - 30^\circ)$, depuis $t = 30$ jusqu'à $t = 70$.

Tous les volumes étant exprimés en parties du volume primitif à zéro.

---

## Examen *chimique du Curare*.

Par J. Pelletier et H. Petroz (1).

M. le docteur Larrey, dont le zèle pour toutes les sciences physiques égale les talens médicaux, sachant que nous nous occupions d'un travail sur les poisons végétaux, nous remit des flèches empoisonnées avec du

---

(1) Cette analyse devait faire partie d'un travail général que nous avions entrepris sur les poisons végétaux ; nous l'en avons détaché parce que MM. Roulin et Boussingault viennent de publier une analyse du curare dans les *Annales de Chimie*. Notre travail, se rapportant presqu'en tout

curare, et qu'il tenait de source certaine. Le curare était étendu, sur le fer des flèches, en couches dont l'épaisseur était d'environ un millimètre ; il pouvait en être détaché mécaniquement. Sa saveur était très-amère : nous ne nous arrêterons cependant pas sur ses caractères physiques, parce qu'ils étaient masqués par la présence d'une certaine quantité d'oxide de fer provenant évidemment du fer, sur lequel le curare avait été appliqué ; nous passerons de suite à l'examen chimique de cette substance. La matière détachée mécaniquement des fers de flèche a été mise en macération dans de l'alcool à une douce chaleur ; l'alcool a été renouvelé jusqu'à ce que son action ne fût plus sensible. La partie insoluble dans l'alcool a été traitée par de l'eau tiède, et s'y est dissoute à l'exception d'une poudre rougeâtre qu'on a reconnue être de l'oxide de fer, provenant sans aucun doute de la lame des flèches. Les solutions aqueuses étaient légèrement amères ; on les a évaporées au bain-marie, à consistance sirupeuse ; dans cet état, elles ont été mêlées à plusieurs fois leur poids d'alcool à 40 deg. Il s'est séparé sur-le-champ une matière floconneuse d'un jaune verdâtre, nullement amère ; la matière amère était entièrement passée dans l'alcool, et a été réunie aux premiers traitemens alcooliques. La substance floconneuse précipitée par l'alcool se dissolvait dans l'eau, en la rendant mousseuse, mais ne lui communiquait pas de

---

point avec celui de M. Boussingault, n'offrira rien de nouveau ; mais il aura l'avantage de confirmer les expériences de ces chimistes sur une matière très-curieuse, non encore examinée, et sur laquelle on ne reviendra pas de long-temps.

saveur; elle était précipitée par le sous-acétate de plomb, par la teinture de noix de galle, et fournissait de l'ammoniaque par la distillation à feu nu. C'était une matière végéto-animale qui différait de l'albumine, puisqu'elle ne se coagulait pas par la chaleur. Nous en avions trop peu pour l'examiner plus à fond; mais comme son action sur l'économie animale est nulle, un examen plus approfondi n'offrirait encore que peu d'intérêt.

Les solutions alcooliques réunies ont été évaporées au bain-marie, et ont fourni une matière brunâtre extractiforme très-amère, que nous avons soumise à l'action de l'éther sulfurique. Ce traitement avait pour but de séparer la matière amère que nous avions reconnue n'être pas soluble dans l'éther, d'avec les matières grasses et résineuses qui l'accompagnaient. En effet les teintures éthérées ont donné par leur évaporation une matière poisseuse, insoluble dans l'eau; presque sans amertume, et même nullement amère après avoir été lavée à l'eau chaude.

Cette matière poisseuse nous a paru être composée de deux substances, une matière résineuse et une matière grasse; nous les avons séparées l'une de l'autre par l'alcool froid, qui a dissout la résine et laissé la matière grasse; celle-ci était de la nature des matières grasses, proprement dites, composée de stéarine et d'élaïne: elle se saponifiait très-bien par les alcalis. La matière résineuse ne nous a rien offert de particulier; ni l'une ni l'autre de ces matières n'avaient d'action sur l'économie animale.

Le principe actif paraît donc consister, ou du moins entièrement résider dans la matière amère, soluble dans

l'alcool et dans l'eau, insoluble dans l'éther sulfurique et déjà dépouillée d'au moins trois matières étrangères, la substance végéto-animale, la résine et la matière grasse. Nous disons au moins trois matières, parce que certainement la matière grasse est composée de plusieurs principes immédiats, et qu'il en est probablement de même de la résine, du moins si l'on en juge par analogie avec des matières du même genre.

*Examen de la matière amère.* La matière amère du curare était alors entièrement soluble dans l'alcool et dans l'eau, et rougissait à peine le tournesol; les alcalis caustiques plus ou moins étendus, les sous-carbonates alcalins, le tartrate de potasse antimonie, l'oxalate d'ammoniaque, le sulfate de fer, n'y produisaient aucun précipité: le sous-acétate de plomb y formait un louche léger, qui peut être dû à quelques traces de matière végéto-animale; mais la teinture de noix de galle y forme un précipité très-abondant, d'un blanc sale, soluble dans l'alcool. Ce caractère est remarquable, parce qu'il appartient, comme l'un de nous l'a fait connaître le premier, à toutes ces matières végétales actives, et souvent vénéneuses, qui jouent le rôle de base salifiable. Nous sommes donc portés à regarder le principe actif du curare comme une substance analogue, remarquable par sa solubilité.

C'est cette solubilité qui rend très-difficile l'obtention à l'état de pureté de certaines bases salifiables végétales: pour l'approcher de cet état, si nous ne pouvions y arriver, nous avons traité le curare d'après le procédé suivant, que nous sommes dans l'intention d'appliquer à d'autres substances analogues.

Nous avons dissout successivement la matière amère dans l'alcool et dans l'eau pour en isoler les principes déjà signalés. Nous avons séparé les dernières traces de matière végéto-animale par le sous-acétate de plomb, en léger excès ; la liqueur a été dépouillée de toute trace de plomb par un courant d'hydrogène sulfuré.

Mais elle retenait un peu d'acide acétique libre, et l'on conçoit que, si on a affaire à une base salifiable, elle ne peut être alors qu'à l'état d'acétate ; lorsqu'on agit sur une matière soluble à l'état de pureté, il est très-difficile de la séparer de l'acide acétique ou des acétates auxquels elle donne naissance par l'addition d'une base plus énergique.

Pour soustraire la matière particulière du curare à l'influence de l'acide acétique, nous y avons substitué l'acide sulfurique dilué dans beaucoup d'alcool, à 40 deg. L'acide sulfurique met l'acide acétique à nu, et celui-ci se dégage par évaporation à l'aide de l'alcool. La matière amère ne se trouvait alors que sous l'influence de l'acide sulfurique ; nous l'avons mise en contact avec du charbon animal qui l'a presque entièrement décolorée. Nous avons ensuite séparé l'acide sulfurique par l'eau de baryte, en ayant soin de dépasser à peine le point où tout l'acide sulfurique a été précipité. Enfin quelques bulles de gaz acide carbonique séparent les dernières traces de baryte ; les liqueurs ont alors été concentrées au bain-marie et la matière amère a été desséchée sous la cloche de la machine pneumatique.

La matière amère, ainsi obtenue, est-elle le principe actif du curare dans son plus grand degré de pureté ; et peut-elle être regardée comme un principe immédiat des

végétaux? Nous avouons que, pour résoudre la question par l'affirmative, nous aurions désiré l'obtenir sous forme d'une matière parfaitement incolore, cristallisée ou volatile; nous aurions désiré lui tronver quelques-uns de ces caractères francs que présentent plusieurs nouvelles matières végétales à la découverte desquelles un de nous a coopéré; mais rien de tel ne s'est ici présenté. Cependant nous ne pouvions plus séparer du curare aucune matière étrangère à lui-même; l'action ultérieure des agens chimiques était nulle ou désorganisatrice. Nous avons dû nous arrêter. D'ailleurs, la matière commençait à nous manquer.

Quoi qu'il en soit, la matière amère du curare, ainsi purifiée, présentait les caractères suivans : elle était solide, translucide, et même transparente en couche mince, d'une couleur blonde; elle se dissolvait entièrement et également bien dans l'alcool et dans l'eau, mais non dans l'éther; elle ramenait faiblement la couleur du tournesol rougi par un acide; elle brûlait en répandant une odeur de corne, analogue à celle que produisent dans la même circonstance les alcalis végétaux; la solution dans l'eau n'était précipitée par aucun réactif, si ce n'est par la noix de galle et les matières astringentes analogues du règne végétal; le précipité était soluble dans l'alcool. Il suit de l'ensemble de ces propriétés que la matière active du curare doit être rangée à la suite des substances végétales, désignées sous le nom d'*alcalis végétaux*.

Le principe amer du curare agit sur l'économie animale comme le curare lui-même, mais avec beaucoup plus d'énergie. Les phénomènes de cette action ont été

décrits dans leur ensemble par plusieurs toxicologues ; et dans leurs détails ils ont fait l'objet d'un Mémoire présenté par M. le baron Larrey à la Société philomathique. Nous croyons donc inutile de nous y arrêter.

---

## Sur *une Encre indélébile.*

Par M. Henri Braconnot,
Correspondant de l'Institut.

La destruction très-prompte de l'encre ordinaire ne présentant, dans les actes privés et publics, aucune garantie ni aucune stabilité, a fait désirer depuis long-temps une encre capable de résister au temps et aux agens chimiques les plus énergiques ; mais malheureusement les recherches tentées jusqu'à présent, pour résoudre un problème qui intéresse toute la société, n'ont rien offert, à ce qu'il paraît, de bien satisfaisant. Occupé d'expériences sur la teinture, conjointement avec M. Parisot de Nancy, dans l'intention de produire des couleurs brunes, foncées, solides et à bas prix, nous fîmes torréfier avec de la potasse plusieurs matières organiques, précisément comme je l'avais fait, dans le temps, avec de la sciure de bois pour obtenir l'ulmine artificielle ; nous nous aperçûmes que les résultats variaient suivant la nature des substances employées ; ainsi, avec les matières peu azotées, nous ne parvînmes à fixer sur les étoffes qu'une couleur peu foncée, qui disparaissait, en grande partie, par les lessives alcalines, tandis qu'avec des matières ani-

males, telles que la chair, le cuir, la corne, etc., il nous fut possible d'obtenir des nuances beaucoup plus foncées qui avaient déjà l'avantage de résister aux alcalis. Soupçonnant que cette différence pouvait être due, soit à l'azote ou au soufre contenus dans les matières animales (nous rappelant d'ailleurs que Fourcroy indique le sulfure alcalin comme le dissolvant du charbon), il nous vint en idée d'ajouter, au mélange de matière animale et de potasse destiné à être torréfié, de la fleur de soufre, et nous pûmes fixer sur les tissus une matière colorante d'un brun marron foncé, plus solide que toutes les autres couleurs connues en teinture. Je pressentis dès-lors que cette matière colorante pouvait offrir une encre indélébile : on verra bientôt, par les épreuves que je lui ai fait subir, que mon pressentiment s'est complètemen réalisé. Voici la manière de procéder, et les proportions qui m'ont paru les plus convenables pour obtenir cette encre indestructible.

Sur 20 grammes de potasse de Dantzick, préalablement dissoute dans l'eau bouillante, j'ai ajouté 10 grammes de matière animale (1), divisée convenablement, et 5 grammes de fleur de soufre; j'ai fait bouillir le tout jusqu'à sec, dans un vase de fonte; j'ai chauffé ensuite plus fortement en agitant continuellement, jusqu'à ce que la matière se ramollît, en évitant toutefois qu'elle n'en-

---

(1) Je me suis servi de parures de peau tannée que j'avais sous la main. Les tanneurs désignent sous ce nom les portions inégales des peaux qu'ils retranchent avec une espèce de couteau; ils s'en servent pour engraisser les terres, ou comme combustible.

trât en ignition; puis, après y avoir ajouté peu à peu la quantité d'eau convenable, j'ai filtré à travers une toile lâche; il en est résulté une liqueur très-foncée, qui peut se conserver indéfiniment dans un flacon; mais il faut avoir soin de le tenir aussi constamment bouché qu'il est possible, ce qui n'est point embarrassant, car une seule plumée de cette liqueur suffit pour écrire une ou deux pages in-quarto; elle possède d'ailleurs toutes les qualités que l'on peut désirer dans une encre indestructible; elle coule beaucoup mieux que l'encre ordinaire, n'embarrasse point la plume par des matières tenues en suspension. Elle résiste d'ailleurs aux agens chimiques les plus puissants, ainsi qu'on va en juger.

Une bande de papier écrit avec cette liqueur, traité par une dissolution concentrée bouillante de potasse caustique, a été en grande partie détruite; mais les lambeaux du papier, qui avaient échappé à la destruction, laissaient voir les caractères dans toute leur intégrité. Du papier écrit avec la même liqueur, plongé un instant dans l'acide sulfurique médiocrement concentré, s'y est dissous en partie en passant à l'état gommeux; mais sur la portion non dissoute, et très-amincie, on pouvait lire l'écriture comme auparavant.

Les caractères tracés sur du papier, avec la liqueur dont il s'agit, n'ont éprouvé au bout de 24 heures aucune altération de la part de l'acide nitrique concentré, même à l'aide d'une chaleur insuffisante cependant pour détruire entièrement le papier.

Un autre morceau de papier écrit avec cette liqueur, après avoir plongé pendant quelque temps dans une forte dissolution de chlorure de chaux, mêlé d'acide hydro-

chlorique, a été ensuite immergé pendant 24 heures dans la potasse caustique; puis on a fait bouillir le tout jusqu'à siccité, et on l'a délayé dans l'eau; il n'est resté de cette double action du chlore et de la potasse, qu'un petit lambeau de papier sur lequel les lettres étaient très-distinctes.

Si je ne me fais pas illusion, je crois pouvoir conclure que cette liqueur peut, à juste titre, porter le nom d'encre indélébile, puisqu'elle résiste aux plus puissans réactifs; je la livre donc au public avec confiance.

La même liqueur sera aussi, je n'en doute pas, employée avec le plus grand avantage en teinture, pour obtenir des bruns marrons, plus ou moins foncés, sur le coton, le chanvre, le lin et la soie, ou pour rembrunir d'autres couleurs; sous ce rapport elle aura une grande supériorité sur les brunissures dues, soit au fer, qui jaunissent quelquefois à l'air, ou à la suie qui est encore en usage dans quelques grandes manufactures, quoiqu'elle ne donne qu'une couleur fugitive.

J'ai remarqué aussi qu'une étoffe préalablement teinte en rouille par un sel de fer, prend dans la même liqueur colorante une nuance plus foncée que la même étoffe qui n'a pas été imprégnée de sel de fer.

Au reste, je n'ai pas besoin de faire observer que cette encre indélébile pourra aussi, sans aucun autre mélange, être employée avec le plus grand succès pour marquer le linge d'une manière ineffaçable.

Nancy, le 1er avril 1829.

## Sur *des Mélanges de farine de froment.*

Par M. Henri.

Plusieurs variétés de farines ont été soumises à notre examen, pour y reconnaître la présence de la fécule amylacée de la pomme de terre.

A l'aide d'une bonne loupe et d'une vive lumière, il est facile de reconnaître des points brillans et cristallins; mais, ne pouvant déterminer les proportions de fécule mêlée à la farine, nous avons pensé qu'il était préférable de déterminer la quantité de gluten que ces farines fournissaient, en prenant pour terme de comparaison des farines intactes préparées sous nos yeux.

Nous avons donc cherché à obtenir le gluten de vingt-cinq à trente espèces de farines pures, provenant de blés de 1827 et 1828, et sans nous inquiéter des autres principes constituans de ces farines, nous avons reconnu qu'elles contenaient, terme moyen, dix un quart pour cent de gluten parfaitement sec et pulvérulent, tandis que les farines annoncées comme mélangées n'ont donné que six à six et demi pour cent de gluten parfaitement sec.

D'après cela, il sera facile, par la simple opération de l'extraction du gluten, de constater si une farine est mélangée.

(*Journ. de Pharm.*)

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 766,83 | — 2,2 | 70 | 767,14 | — 1,0 | 67 | 767,65 | — 1,2 | 66 | 770,00 | — 3,2 | 75 | — 1,0 | — 4,7 | Nuageux. | N. fort. |
| 2 | 773,06 | — 3,5 | 71 | 772,46 | — 1 0 | 60 | 772,14 | — 0,0 | 62 | 772,12 | — 2,5 | 75 | — 0,0 | — 6,8 | Beau. | E. |
| 3 | 773,47 | — 2,7 | 85 | 772,84 | + 0 5 | 78 | 772,56 | + 1,7 | 68 | 772,45 | — 1,5 | 80 | + 0,5 | — 5,0 | Beau. | N. N. E. |
| 4 | 771,10 | — 3,8 | 90 | 770,00 | — 0,8 | 81 | 768,50 | + 0,5 | 74 | 766,16 | — 1,2 | 88 | + 0,5 | — 5,8 | Voilé. | E. N. E. |
| 5 | 760,30 | + 1,5 | 89 | 759,62 | + 3,5 | 90 | 759,68 | + 4,7 | 90 | 762,85 | + 2,0 | 90 | + 4,7 | + 0,2 | Pluie. | O. |
| 6 | 766,72 | + 2,0 | 88 | 766,85 | + 3,0 | 87 | 765,95 | + 3,5 | 87 | 765,62 | + 1,8 | 89 | + 3,5 | + 1,5 | Couvert, brouillard. | N. |
| 7 | 762,15 | + 4,2 | 90 | 761,60 | + 5,7 | 90 | 761,20 | + 7,0 | 87 | 760,48 | + 3,7 | 89 | + 7,0 | + 3,0 | Pluie fine. | O. |
| 8 | 762,70 | + 3,8 | 88 | 763 96 | + 4,5 | 85 | 765,00 | + 3,8 | 83 | 767,00 | — 0,7 | 88 | + 5,0 | — 1,5 | Couvert. | N. |
| 9 | 766,20 | + 0,2 | 86 | 765,26 | + 1,7 | 86 | 764,02 | + 3,8 | 85 | 763,76 | + 2,5 | 90 | + 3,7 | — 2,2 | Couvert. | O. |
| 10 | 767,32 | — 0,0 | 78 | 768,08 | + 1,0 | 68 | 768 16 | — 0,0 | 69 | 769,30 | — 3,0 | 79 | + 1,0 | — 4,0 | Couvert. | N. |
| 11 | 768,78 | — 1,0 | 84 | 768,52 | + 1,2 | 75 | 767,52 | + 0,1 | 80 | 768,06 | — 4,0 | 86 | + 1,2 | — 5,0 | Couvert. | S. S. O. |
| 12 | 768,36 | — 3,8 | 80 | 767,72 | — 1,8 | 69 | 766,60 | — 0,5 | 63 | 765,20 | — 1,2 | 75 | — 0,5 | — 7,8 | Beau. | S. E. |
| 13 | 762,18 | + 0,7 | 88 | 761,73 | + 3,0 | 86 | 761,05 | + 4,0 | 86 | 761,00 | + 1,7 | 90 | + 4,1 | + 0,0 | Couvert. | S. O. |
| 14 | 762,30 | + 3,8 | 88 | 762,64 | + 6,0 | 86 | 762,33 | + 6,5 | 85 | 762,90 | + 3,2 | 89 | + 6,8 | + 3,0 | Couvert. | O. N. O. |
| 15 | 762,96 | + 4,2 | 86 | 762,82 | + 8,5 | 80 | 762,30 | + 7,5 | 79 | 762,52 | + 4,2 | 85 | + 8,5 | + 2,0 | Couvert. | O. |
| 16 | 760,72 | + 1,2 | 87 | 759,78 | + 5 3 | 80 | 757,92 | + 6,3 | 70 | 755,60 | + 1,5 | 87 | + 6,3 | — 1,0 | Beau. | S. |
| 17 | 753,08 | + 3,2 | 85 | 753,40 | + 8,0 | 80 | 752,94 | + 9,0 | 80 | 754,00 | + 5,1 | 87 | + 9,0 | + 1,9 | Couvert. | S. E. |
| 18 | 754,14 | + 3,8 | 88 | 753,34 | + 8,0 | 81 | 752,25 | + 9,8 | 69 | 752 10 | + 4,5 | 88 | + 9,8 | + 1,0 | Beau. | E. |
| 19 | 750,47 | + 4,0 | 83 | 749,92 | + 8,0 | 77 | 747,75 | + 9,7 | 72 | 748,96 | + 6,0 | 89 | + 9,7 | + 2,5 | Beau. | S. E. |
| 20 | 750,88 | + 6,8 | 88 | 750,88 | +10,5 | 87 | 750,20 | +10,3 | 87 | 749,60 | + 5,5 | 89 | +10,5 | + 4,1 | Pluie. | S. |
| 21 | 742,68 | + 9,0 | 87 | 741,15 | +10,0 | 88 | 740,07 | +11,2 | 85 | 740,82 | + 8,0 | 88 | +11,2 | + 7,0 | Pluie fine. | S. fort. |
| 22 | 740,30 | + 6,8 | 85 | 739,80 | + 8,0 | 82 | 739,55 | + 8,0 | 86 | 740,95 | + 6,2 | 88 | + 8,0 | + 5,5 | Gouttes d'eau. | S. O. fort. |
| 23 | 743,57 | + 7,1 | 88 | 744,25 | + 7,5 | 85 | 744,50 | + 6,2 | 85 | 744,70 | + 5,7 | 88 | + 7,5 | + 4,0 | Couvert, brouillard. | N. |
| 24 | 744,32 | + 7,0 | 86 | 744 30 | +11,8 | 83 | 743,90 | +12,0 | 80 | 746,92 | + 6,8 | 88 | +12,0 | — 3,8 | Couvert. | S. |
| 25 | 754,17 | + 6,2 | 88 | 756,25 | + 6,7 | 84 | 757,48 | + 6,7 | 84 | 760,30 | + 6,2 | 87 | + 6,7 | + 5,5 | Couvert. | N. O, |
| 26 | 761,20 | + 6,8 | 88 | 760,63 | +10,3 | 84 | 759,34 | + 9,8 | 86 | 755,80 | + 8,3 | 90 | +10,3 | + 5,3 | Couvert. | S. |
| 27 | 757,93 | + 8,7 | 88 | 759,26 | + 9,2 | 65 | 760,96 | + 5,1 | 89 | 764,94 | + 2,7 | 80 | + 9,2 | + 0,5 | Couvert. | N. fort. |
| 28 | 766,48 | — 0,3 | 80 | 766,30 | + 1,0 | 75 | 765,10 | + 2,0 | 51 | 764,40 | — 1,0 | 69 | + 2,0 | — 2,0 | Légers nuages. | E. |
| 1 | 766,98 | — 0,1 | 84 | 766,78 | + 1,7 | 79 | 766,49 | + 2,4 | 77 | 766,97 | — 0,2 | 84 | + 2,5 | — 2,5 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 759,39 | + 2,3 | 86 | 759,08 | + 5,7 | 80 | 758,09 | + 6,3 | 77 | 757,99 | + 2,6 | 87 | + 6,5 | — 0,1 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 3,000 |
| 3 | 751,32 | + 6,4 | 86 | 751,49 | + 8,1 | 81 | 751,36 | + 7,6 | 81 | 752,35 | + 5,4 | 84 | + 8,4 | + 2 7 | Moyenn. du 21 au 28. | Terrasse, 2,760 |
| | 759,79 | + 2,6 | 85 | 759,66 | + 4,9 | 80 | 759,15 | + 5,3 | 78 | 759,59 | + 2,4 | 85 | + 5,6 | — 0,1 | Moyennes du mois, | + 2,7. |

**Mémoire** *sur la secousse qu'éprouvent les animaux au moment où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électromoteur, et sur quelques autres phénomènes physiologiques produits par l'électricité.*

Par le Dr Et. Marianini,
Professeur de physique à Venise.

( Traduit de l'italien. )

En répétant les premières expériences par lesquelles Volta a démontré que la grenouille n'est que passive dans les contractions qu'elle éprouve quand elle fait partie de l'arc de communication établi entre deux métaux hétérogènes mis en contact, on observe souvent que les mêmes contractions se renouvellent au moment où la grenouille cesse d'être ainsi placée dans le courant. Volta et Fowler semblent avoir été les premiers à remarquer ce phénomène, observé depuis par Valli, par plusieurs membres de l'Académie des Sciences de Paris, par Ruthford et par Paff. Ce dernier le considérait comme une grande objection contre la théorie de l'électricité animale de Galvani (1). Volta lui-même en a donné une explication; mais il semble que ce grand physicien n'ait fixé qu'un instant sa pensée sur ce sujet : il n'en parle que d'une manière incidente, au paragraphe 49 de son Mémoire si renommé sur l'identité des fluides électrique

(1) Voyez l'*Histoire du galvanisme*, par Sue aîné, t. 1, p. 22, 35, 144 et 213.

et galvanique. Voici ses paroles : « Une telle contraction n'a lieu qu'à la première irruption du courant électrique, et quelquefois aussi au moment où, par la rupture du circuit, ce courant se trouve arrêté d'une manière subite, ou plutôt refoulé en arrière, comme on peut se le figurer, par l'obstacle instantané qu'il rencontre. » (1) Cette explication a été adoptée par d'autres physiciens, ainsi qu'on peut le voir paragraphe 80 de l'excellent Mémoire publié en 1814 par le professeur Configliacchi sur l'identité des fluides galvanique et électrique.

Ne pouvant comprendre comment, en rompant le circuit, on pouvait produire un reflux d'électricité, et trouvant alors le phénomène dont il s'agit très-singulier, je me mis à l'étudier par la voie des expériences, et comme on doit à l'opinion des grands physiciens, lors même qu'elle semble le fruit de méditations peu approfondies, de la discuter à fond avant de la contredire, je commencerai l'exposition de mes recherches par l'examen attentif auquel je soumis d'abord l'explication donnée par Volta.

I. Il est hors de doute que les contractions de l'animal placé dans le circuit électrique, ne se manifestent pas toutes les fois que l'on rompt ce circuit. Il reste à savoir si leur absence, quand elle a lieu, est due à l'absence de la cause qui les produit, ou à celle de quelque circonstance nécessaire à leur production. Voici, à ce sujet, quelques expériences :

Une grenouille fut préparée de manière à ne présenter

---

(1) *Annales de chimie* de Brugnatelli, t. XXI, p. 199.

que le tronc uni aux membres inférieurs. Après la destruction de la moelle épinière, on plongea une patte dans un verre d'eau où plongeait également une lame de cuivre; l'autre dans un verre d'eau contenant une lame de zinc. Quand on établit le contact entre les parties extérieures des deux métaux, la grenouille s'agita; le tremblement à peine cessé, je séparai les plaques, et une secousse un peu plus faible que la première se manifesta. On rétablit le contact, puis on le fit cesser : les effets furent les mêmes. On renouvela de suite l'épreuve un grand nombre de fois avec le même succès. Seulement les contractions que faisait naître la rupture du circuit furent, à chaque essai nouveau, de plus en plus faibles, et, au bout de quelque temps, elles disparurent entièrement. Alors je fis communiquer la grenouille aux pôles d'un électromoteur de quatre couples, et les contractions, lors de la rupture du circuit, se produisirent de nouveau; mais elles devinrent peu à peu de plus en plus faibles, et disparurent bientôt encore une fois entièrement. Quatre couples, ajoutés alors à l'électromoteur, les firent renaître, et enfin, lorsque depuis une heure entière la grenouille avait été tiraillée par les courans électriques, elle éprouvait encore quelque légère commotion, chaque fois que l'on interrompait le circuit d'un appareil de quarante couples. Avec un semblable appareil, les secousses dues à la rupture du circuit sont sensibles à la main, lorsque l'on plonge un doigt dans le liquide qui baigne le pôle cuivre, et un autre doigt dans le liquide qui baigne le pôle zinc.

Ces expériences, que j'ai répétées plusieurs fois avec

le même succès, montrent que dans l'interruption du circuit existe toujours la cause apte à produire le phénomène dont il s'agit; que, s'il ne se manifeste pas, c'est que la faculté de se contracter s'est évanouie dans l'animal.

II. Mais que devient le torrent d'électricité qui circule dans l'appareil voltaïque, lorsque tout-à-coup on interrompt la communication entre les pôles? Nous pouvons, il est vrai, nous figurer que, rencontrant un obstacle instantané, il est renvoyé en arrière, si nous imaginons que l'électricité se meuve dans le circuit, comme le fait dans un canal un fluide, qui, s'il est brusquement arrêté, recule et se meut dans un sens opposé. Mais si nous examinons cette hypothèse à l'aide des principes admis jusqu'ici, et par lesquels Volta a expliqué l'action étonnante de ses électromoteurs, il semble difficile de voir dans la rupture du circuit la cause d'un reflux suffisant pour donner des secousses aux fibres des animaux. Faisons plonger une lame de cuivre dans un verre d'eau, une lame de zinc dans un autre verre voisin du premier; mettons en contact les parties extérieures des deux lames métalliques, et complétons le circuit avec une grenouille préparée, dont les membres inférieurs plongent dans les deux tasses : nous pouvons interrompre le circuit de différentes manières : 1° en séparant les deux plaques qui se touchaient d'abord; 2° en les laissant unies, mais en tirant l'une d'elles du liquide; 3° en les enlevant toutes les deux du liquide qui les mouille; 4° en tirant de ce liquide une des pattes de la grenouille; 5° en les tirant à la fois l'une et l'autre. Voyons si quelqu'une de ces manières de rompre le circuit peut jus-

tifier un mouvement rétrograde du courant électrique.

1°. Quand les deux métaux viennent à se toucher, nous savons que le cuivre envoie au zinc de l'électricité, qui de là se répand dans le conducteur humide, d'où elle est restituée au cuivre, en sorte que l'équilibre se rétablit, mais pour un instant seulement; car le cuivre, continuant à toucher le zinc, lui donne une nouvelle quantité d'électricité que celui-ci lui renvoie à travers le conducteur humide. Ces destructions et ces rétablissemens d'équilibre se succèdent avec une telle rapidité, que nous considérons comme continue l'action du fluide électrique qui circule. Maintenant, si nous séparons les deux plaques métalliques, cela aura lieu soit dans des instans où l'équilibre est rétabli, et il ne peut plus y avoir de mouvement d'électricité en aucun sens, soit dans un instant où l'équilibre vient d'être rompu, et alors le zinc répandra dans le liquide l'électricité en excès qui, traversant l'animal et le liquide de l'autre vase, ira remettre dans l'état naturel le cuivre qui, l'ayant fournie, se trouvait électrisé en moins. Cela revient à dire qu'après la séparation des deux métaux, le courant électrique continue encore quelques instans à se mouvoir, et cela dans le même sens qu'auparavant.

2°. Quand on interrompt le circuit en tirant du liquide conducteur une des plaques, celle de cuivre, par exemple; à l'instant même de l'interruption, cessera tout mouvement d'électricité, si cet instant est celui où le cuivre vient de donner au zinc tout ce qu'il peut lui fournir d'électricité. Si l'instant de l'interruption est celui où le cuivre est sur le point de recharger le zinc, la charge d'électricité qu'il lui donnera un peu après, se partagera

entre le métal, le liquide et la grenouille, mais aucun retour de fluide électrique ne devra avoir lieu. Si, pour rompre le circuit, au lieu de la plaque de cuivre on retire du liquide la seule plaque de zinc, alors encore, ou toute transmission cesse de suite, ou un très-faible courant a lieu pendant un temps très-court et dans le même sens qu'avant l'interruption, selon que cette interruption a lieu un instant après ou un instant avant le partage d'électricité entre les deux métaux.

Qu'arrive-t-il quand on détruit le circuit en retirant à la fois les deux plaques des vases ? Le seul cas qui pourrait offrir quelque retour du fluide électrique en sens contraire, est celui où l'extraction aurait lieu à l'instant même où ce fluide, d'abord répandu dans le liquide conducteur, serait déjà entièrement passé dans le vase où plongeait le cuivre sans avoir encore atteint ce métal. En effet, alors toute l'électricité rassemblée dans le vase, ne trouvant plus à se décharger sur la lame métallique, refluera en partie pour se subdiviser entre les deux vases et la grenouille elle-même. Mais on doit réfléchir ici que cette très-petite quantité abandonnée par le couple électromoteur n'est nullement suffisante pour produire la contraction que l'on observe, puisqu'on n'obtient aucun effet avec une quantité d'électricité incomparablement plus grande, telle que la charge donnée à une bouteille de Leyde par une petite étincelle de l'électrophore.

Si, d'après les mêmes principes, nous examinons ce qui doit arriver quand on interrompt le circuit en retirant du liquide un seul membre de l'animal, ou les deux pattes à la fois, nous verrons que cela ne peut

donner lieu à aucun courant électrique dirigé en sens contraire du courant qui existe avant la rupture.

Ce que j'ai dit d'un électromoteur simple peut également s'appliquer à un électromoteur composé. Les principes sur lesquels Volta a fondé sa théorie de la pile, ne nous autorisent donc pas à admettre un reflux d'électricité capable de donner des secousses à la grenouille au moment où le circuit est interrompu.

III. Mais ne pourrait-il pas y avoir à cet instant un tel reflux, quoique les principes admis n'autorisent pas à en admettre l'existence? Si cela était, il semble qu'outre les contractions on pourrait en trouver quelque autre indice. J'ai donc soumis la langue au courant électrique que fournissait un appareil à couronne de 8 couples; mais, en interrompant le circuit, je n'ai jamais éprouvé la moindre sensation de la saveur qu'aurait produite un contre-courant. J'ai fait agir le même appareil sur un doigt légèrement blessé; la vive brûlure que je ressentais cessait à chaque rupture du circuit; je ne me suis jamais aperçu que la douleur fût le moins du monde aigrie à chacun de ces instans. La sensation instantanée de lumière que l'on éprouve quand un courant électrique traverse l'œil ou les parties qui l'entourent, se renouvelle bien, quoique très-légèrement, chaque fois que l'on interrompt le circuit; mais cette sensation ne dépend, on le sait bien, que d'une commotion de l'œil lui-même ou des parties qui l'avoisinent.

J'ai enfin soumis un multiplicateur à un appareil à couronne de vingt couples. Lorsque l'aiguille fut parfaitement tranquille (sa déviation était alors de 8°), je rompis le circuit; elle commença de suite à revenir

d'un mouvement régulier et lent, vers le méridien magnétique, sans manifester le moindre indice de l'action d'un courant contraire au moment de la rupture.

Il me semble donc qu'en enlevant les communications qui transmettent le courant d'une pile, on ne fait naître aucun courant opposé.

IV. D'où viennent donc les contractions dont il s'agit? L'hypothèse de Volta, qu'elles sont produites par un reflux d'électricité, m'a engagé à chercher si elles sont réellement analogues à celles qu'exciterait dans l'animal un courant contraire à celui qui le traverse quand la communication est établie. Une célèbre expérience, due encore au génie de ce grand physicien, m'a mis en mesure de faire, avec quelques succès, ces recherches, qui d'abord me semblaient très-difficiles.

Volta, comme on le sait, a observé que, quand une grenouille préparée reste par ses extrémités en communication avec les pôles d'une pile, elle perd en 25 à 30′ la faculté de s'agiter chaque fois qu'on la soumet de nouveau à l'action du même courant, sans perdre la faculté de se contracter sous l'action d'un courant contraire. J'ai répété l'expérience de Volta; seulement, au lieu d'attendre que la grenouille eût perdu la propriété d'être agitée par le courant que j'employais; j'ai interrompu d'instans en instans le circuit, en le refermant de suite chaque fois. Voici ce que j'ai alors observé pendant une heure environ; à mesure que les secousses produites par le rétablissement des communications allaient en s'affaiblissant, les secousses dues à la rupture du circuit devenaient de plus en plus fortes. On voit par là qu'en arrêtant le courant électrique qui agit

sur l'animal, on produit un effet précisément analogue à celui d'un courant contraire. Je ne dois pas cacher du reste que, sur quatre ou cinq grenouilles soumises à cette expérience, une seule m'a présenté avec beaucoup d'évidence les résultats que je viens d'exposer. Celle-ci était un mâle très-gros et très-vif, très-excitable et très-vivace, puisqu'il offrit des indices de contractions visibles à l'œil nu, sous l'action d'un appareil de 40 couples, dix-sept heures après avoir été préparé, quoique pendant tout ce temps il eût été presque constamment fatigué par le courant électrique.

V. Quoique je n'eusse vu avec beaucoup d'évidence le phénomène qui vient d'être décrit que sur un seul individu, cela ne m'empêcha pas de revenir à l'idée d'un reflux d'électricité dans l'appareil voltaïque; mais, ne pouvant rien trouver qui confirmât cette idée, je cherchai au contraire quelque fait qui lui fût opposé. En voici un :

Je plongeai, à la manière ordinaire, les extrémités inférieures d'une grenouille, dans les deux tasses qui terminaient un appareil à couronne de six couples, et quand elle n'offrit plus ces convulsions, qui le plus souvent durent quelque temps si l'animal est récemment préparé, au lieu d'interrompre le circuit électrique, j'introduisis les deux bouts d'une petite lame métallique dans les deux vases où étaient déjà plongées les deux jambes de la grenouille : à l'instant même elle s'agita. J'ai un grand nombre de fois répété cette expérience, et toujours avec le même succès. Ici on n'interrompt en aucune manière le circuit : on le détourne seulement de la grenouille, d'une manière presque subite, en présentant au fluide électrique un meilleur conducteur.

Avec un appareil à couronne de tasses de quarante couples séparés par l'eau de mer, en tenant deux doigts d'une même main, dans les deux tasses extrêmes, j'ai moi-même éprouvé ces petites secousses, lorsqu'on plongeait les deux bouts d'un arc métalliques dans les deux portions de liquide qui baignaient mes doigts. Je les ai fait éprouver aussi à d'autres personnes qui ne pouvaient avoir, comme moi, l'esprit prévenu sur l'effet qu'elles allaient ressentir.

Les contractions que l'on obtient ainsi sont toujours plus faibles que les contractions produites par l'interruption du circuit. On ne doit pas s'en étonner, car si la cause des secousses est la brusque suppression du courant qui traverse l'animal, cette suppression est bien plus instantanée quand on interrompt le circuit, que quand on plonge une lame métallique dans les tasses où l'animal plonge déjà, puisqu'il reste séparément conducteur d'électricité.

VI. J'ai voulu m'assurer si les contractions de l'animal, quand on ferme le circuit, sont liées à celles qu'il éprouve quand on l'interrompt ; s'il était nécessaire que les fibres tressaillissent dans le premier cas, pour qu'il en fût de même dans le second : j'ai vu que cela n'était point nécessaire. En effet, je fis communiquer une grenouille aux deux pôles d'un appareil de 8 couples, le circuit étant interrompu dans un autre point, et par conséquent le courant électrique n'ayant pas encore lieu ; j'établis ensuite la communication en plongeant dans les deux vases séparés, deux doigts, bien secs, d'une même main, et la grenouille ne s'agita pas. Elle s'agita, au contraire, à l'instant où je retirai mes doigts du liquide.

Les doigts secs, à l'instant où on les plonge dans le liquide, sont un conducteur très-imparfait : le fluide électrique commence à les traverser lentement, et n'atteint toute sa vitesse que quand ils sont bien mouillés; mais, lorsqu'enfin il a acquis toute cette vitesse, la grenouille se trouve dans les mêmes circonstances que si l'on avait d'abord établi les communications par un bon conducteur, et elle présente le même phénomène quand on les supprime.

J'ai répété cette expérience avec deux autres doigts secs; mais, au lieu d'interrompre cette fois le circuit, je plongeai un arc métallique dans les vases où plongeait déjà la grenouille, et la contraction eut également lieu.

Si donc, ni les raisonnemens ni les faits ne nous autorisent à admettre un reflux d'électricité dans l'appareil électromoteur quand on interrompt la communication entre les pôles; si les contractions qu'éprouve l'animal, à l'instant de l'interruption, ont quelque analogie avec celles que produirait un contre-courant; s'il n'est pas même nécessaire de rompre le circuit; s'il suffit de détourner le courant des fibres de l'animal pour obtenir ces secousses; si enfin il est tout-à-fait indifférent à la production du phénomène, qu'elles aient eu lieu ou non, lorsque le circuit a d'abord été fermé; je ne saurais me rendre raison de toutes ces circonstances qu'en imaginant que les organes du mouvement, soit par un défaut de conductibilité, soit par une propriété particulière, ne transmettent pas tout le courant électrique qui les pénètre, mais en retiennent une portion qui va toujours en s'accumulant; que cette électricité, pour ainsi dire, con-

densée dans les nerfs de l'animal, s'écoule en les parcourant, et les force à se contracter, aussitôt que le torrent de fluide électrique, qui s'y faisait un passage, vient à cesser ou à prendre une autre direction.

Ici se terminerait mon travail, si je n'avais pas eu connaissance d'un fait qui jette quelque jour sur le phénomène dont il s'agit, peut-être même sur quelques autres. Nous allons donc nous en occuper.

VII. Volta, dès le temps où il soutenait l'hypothèse de Galvani, avait observé que, si l'on déchargeait une bouteille de Leyde, au moyen d'une grenouille préparée, la grenouille s'agitait quand l'armure chargée en plus communiquait aux nerfs, l'armure chargée en moins, aux muscles de l'animal; tandis qu'il n'y avait point de contractions dans le cas inverse.

M. Lehot a reconnu que, si l'on tient d'une main une cuisse de grenouille préparée; que l'on mette le nerf en contact avec une lame de zinc dont l'extrémité plonge dans du mercure, au moment où l'on touche le métal liquide avec les doigts de l'autre main, la cuisse éprouve de fortes contractions. Si au contraire on met en contact le nerf avec le mercure, et que l'on touche ce métal avec la lame de zinc, tenue cette fois de l'autre main, il ne se manifeste aucune, ou presque aucune contraction, bien que la sensibilité de l'animal ne soit pas extrêmement affaiblie; mais, si l'on sépare le nerf du mercure, ou que l'on détruise de toute autre manière la continuité du circuit, à l'instant les mouvemens musculaires ont lieu. M. Lehot a observé le même phénomène en employant deux quelconques des substances qui suivent:

zinc, plomb, étain, mercure, bismuth, cuivre, argent, plombagine (1).

Bellingieri, qui a étendu et varié de plusieurs manières les expériences du physicien français, a fait voir, entre autres choses, que ce genre de phénomènes s'obtenait, non-seulement avec des électromoteurs simples, mais avec des appareils composés (2). J'ai fait quelques expériences à ce sujet, et je vais les rapporter.

VIII. Ayant préparé une grenouille de manière que le tronc ne restait attaché aux membres inférieurs que par les deux faisceaux des nerfs cruraux, je plongeai le tronc dans la tasse qui communiquait au pôle positif d'un électromoteur, et les deux membres, dans la tasse où venait aboutir le pôle opposé. Alors, chaque fois que l'on fermait le circuit, la grenouille s'agitait; chaque fois qu'on le rompait, ou l'on n'observait qu'une secousse très-faible, ou l'on n'en voyait aucun indice. Mais en renversant le courant, c'est-à-dire, en faisant communiquer le tronc au pôle négatif, les membres inférieurs au pôle positif, on produisait le phénomène inverse. La grenouille s'agitait à peine ou ne s'agitait point du tout quand on fermait le circuit (3); elle se contractait fortement à chaque interruption du courant.

---

(1) *Histoire du galvanisme*, par Sue, tome II, pag. 124 et 125.

(2) Voyez, dans le tome XXIII des *Mémoires de l'Académie royale des Sciences* de Turin, le Mémoire intitulé : *Expériences et observations sur le galvanisme*, par le docteur C. F. Bellingieri.

(3) La petite secousse, qui, dans ce cas, s'observe à l'instant où l'on ferme le circuit, semble être un phénomène qui,

Si, outre le tronc, on laisse encore à la grenouille les membres supérieurs, l'expérience offre le même résultat.

IX. Pour que le phénomène ait lieu, il n'est nullement nécessaire que le tronc et les membres de la grenouille préparée plongent dans le liquide, comme dans l'expérience précédente. Si l'on arme d'une feuille métallique ou simplement d'un fil conducteur, d'une part le tronc, de l'autre une cuisse ou les deux cuisses à la fois; quand l'armure du tronc communique au pôle négatif de l'électromoteur, l'armure des membres à l'autre pôle, la grenouille ne s'agite point si on ferme le circuit, elle s'agite à chaque interruption du courant. Quand on donne au courant une direction opposée, le phénomène contraire se manifeste.

X. Le tronc étant enlevé et les nerfs liés à une bandelette de métal, on fit communiquer les membres ou leur armure à un pôle, les nerfs au pôle opposé : les phénomènes furent les mêmes que précédemment.

XI. Il n'est pas même nécessaire que le courant électrique aille des membres inférieurs aux nerfs. Car ayant lié les deux nerfs, ou un seul d'entr'eux, avec deux lamelles de plomb, quelque voisines que fussent les deux ligatures, pourvu qu'elles ne se touchassent pas, je vis que, si le bout de métal qui liait le nerf dans la

---

comme tant d'autres, tient plus à la rapidité du courant qu'à la tension. J'ai vu bien des fois qu'on l'obtenait avec un appareil d'un ou deux élémens, tandis qu'on ne réussissait pas avec un appareil de six couples ou d'un nombre plus grand encore. Cette petite secousse n'a jamais lieu, si la grenouille n'a pas une grande sensibilité.

section la moins éloignée de son origine, communiquait au pôle négatif de l'électromoteur, l'autre bout de métal aboutissant au pôle négatif, la grenouille ne s'agitait que lorsqu'on interrompait le circuit (1).

XII. Quelle que soit la nature des plaques électromotrices ou du conducteur qui les sépare, quelle que soit la tension de l'appareil, le phénomène ne manque jamais d'avoir lieu. Si le nombre des couples est constant, les secousses qu'éprouve la grenouille, à la rupture du circuit, sont d'autant plus fortes que le liquide est plus conducteur, et si le liquide est toujours le même, elles varient avec le nombre des élémens, comme dans les commotions ordinaires. En comparant celles qui arrivent lors de la rupture, et lors de l'établissement des communications, j'ai vu que, toutes choses égales d'ailleurs, elles sont généralement de même intensité.

Pour mesurer, autant qu'il est possible, l'intensité

---

(1) Les expériences décrites dans ce paragraphe et dans les trois paragraphes précédens, sont identiques ou analogues à quelques-unes de celles que l'on trouve dans le Mémoire cité de M. Bellingieri. Je n'ai eu connaissance de ce Mémoire que lorsque le mien était déjà entièrement composé, et que l'on allait imprimer la feuille sur laquelle j'écris cette Note. Cette déclaration serait superflue, si plusieurs copies manuscrites de mon travail ne circulaient pas déjà, copies où il n'est pas fait mention de Bellingieri, et si je ne désirais pas témoigner ici ma reconnaissance au célèbre professeur Zamboni, qui, ayant vu une de ces copies, a eu la bonté de m'avertir de la restitution que je devais faire au savant professeur de Turin.

des secousses de la grenouille, je dispose les deux membres inférieurs, dans un verre peu élevé, de manière qu'elle soit comme agenouillée sur le fond, et que le liquide arrive jusqu'à la séparation des cuisses ; je fais ensuite plonger le tronc, des deux tiers de sa longueur, dans le liquide que contient un autre verre semblable au premier; deux lames métalliques provenant des tasses extrêmes de l'électromoteur, plongent dans ces deux verres entre lesquels je laisse une distance telle, que les nerfs de l'animal soient tendus. J'observe ensuite attentivement de combien les cuisses sortent du liquide, lorsque la grenouille s'agite, et je conclus de cette quantité la grandeur relative de la secousse.

XIII. Si le tronc reste uni aux membres inférieurs par les muscles, que les nerfs cruraux y soient ou n'y soient pas, la grenouille s'agite quand on ferme le circuit, et ne s'agite pas ou s'agite à peine quand on l'interrompt, quel que soit le sens du courant électrique. Il en est de même quand les nerfs, quoique mis à nu, sont enveloppés de papier mouillé ou plongés dans l'eau, comme aussi lorsque le tronc communique par un fil métallique aux membres inférieurs, que les nerfs subsistent ou ne subsistent pas.

Un seul membre présente encore le même phénomène, lorsqu'ayant mis à nu son nerf principal, on en fait communiquer deux points quelconques avec les pôles de l'électromoteur, au moyen de deux fils métalliques. Mais si on laisse le nerf enveloppé par les muscles, ou mieux encore si on l'enlève, le membre n'éprouve de convulsions que lorsqu'on ferme le circuit, quelle que soit la direction du courant.

XIV. Puisque l'électricité qui parcourt un nerf dans le sens de la ramification (1), l'irrite de manière à lui faire secouer les fibres des muscles, effet qu'elle ne produit pas quand elle le parcourt en sens contraire, on est tenté d'admettre que, dans le dernier cas, la secousse produite, lorsque le courant cesse de se transmettre par le nerf, provient de ce qu'une portion d'électricité retenue dans le nerf même, reflue aussitôt que le courant n'a plus lieu, et secoue les fibres auxquelles aboutit le nerf irrité (2). Un fait est favorable à cette hypothèse d'une accumulation de fluide électrique dans les nerfs que le courant traverse suivant le sens indiqué, et d'un reflux ou d'une explosion de ce fluide accumulé au moment où le courant cesse: c'est que la contraction lors de la rupture du circuit est d'autant plus forte que le circuit a été plus long-temps fermé.

Cet accroissement dans l'intensité de la contraction, à mesure que le circuit reste plus long-temps fermé,

---

(1) Pour éviter les circonlocutions, nous dirons désormais que l'électricité parcourt un nerf dans le sens de sa *ramification* ou dans le sens contraire, suivant que le point où elle entre dans ce nerf est plus ou moins voisin de l'origine de ce nerf que le point où elle en ressort.

(2) Un des principes posés par M. Lehot relativement à sa théorie du galvanisme est le suivant : « Quand on détruit une chaîne qui par sa nature met le fluide galvanique en mouvement, le fluide, accumulé dans l'organe par la formation de cette chaîne, retourne sur lui-même, et il se fait un courant en sens contraire du premier. » (*Hist. du galvanisme*, par Sue, t. II, p. 132.)

devient très-visible quand le courant est un peu retardé. Je formai un appareil électromoteur à couronne de tasses de 8 couples, dont deux seulement étaient actifs, les 6 autres étant seulement de petits arcs de laiton. Cet appareil donnait des secousses à la grenouille chaque fois qu'on faisait passer le courant du tronc aux membres et dans le cas contraire, la secousse n'avait lieu que lors de l'interruption du circuit. Dans ce dernier cas on remarquait que si le circuit n'était resté fermé qu'un seul instant, la contraction, à sa rupture, était beaucoup plus faible que lorsqu'il avait été fermé pendant un temps considérable (1). Dans cette expérience la plus grande secousse avait lieu quand on laissait agir le courant pendant 8 à 10 secondes. Elle était environ trois fois plus forte que lorsque la communication n'était établie qu'un seul instant (2).

---

(1) Il semble que, si le temps pendant lequel le circuit reste fermé pouvait être infiniment court, il ne devrait, dans cette expérience, se manifester aucune secousse. Si je ne me trompe, dans l'expérience de Volta rappelée au § 7, quand la décharge de la bouteille de Leyde est dirigée des muscles aux nerfs, il n'y a point de convulsion, parce que là, fermer et rompre le circuit ne sont que l'affaire d'un instant.

(2) Que l'action continue ou répétée des courans électriques sur les organes animaux y accumule de l'électricité qui ensuite exerce subitement son influence sur ces mêmes organes, c'est ce dont les faits suivans fournissent peut-être une preuve.

En électrisant par des secousses faibles et multipliées, avec l'appareil à couronne de tasses, un jeune homme de vingt-six

XV. Si l'expérience du § précédent semble appuyer l'hypothèse que l'on vient d'émettre, une autre lui est contraire. On prépare deux grenouilles à la manière

---

ans (Bapt. Forcoin), atteint de paraplégie, il m'arriva d'observer qu'après un certain nombre de secousses, le malade se plaignait d'une vive douleur à la région des lombes, là précisément où se trouvaient quelques cicatrices d'acupunctures qu'il avait subies six mois auparavant. Il comparait cette sensation pénible, mais passagère, ou plutôt instantanée comme la secousse, à celle d'une piqûre ou d'une entaille profonde. On donnait les commotions en faisant communiquer un pied du malade avec le pôle positif et l'autre avec le pôle négatif de l'appareil au moyen de lames de plomb et de coussinets mouillés.

L'appareil étant bien isolé, sec et composé de 100 couples, le malade éprouvait la sensation douloureuse entre la treizième et la dix-septième secousse; entre la vingt-cinquième et la trente-deuxième, quand on n'employait que 80 couples; un peu après la soixante-dixième, avec 40 élémens; enfin, avec 10 élémens, ce ne fut qu'après 160 commotions : encore la douleur fut-elle beaucoup moins vive que les autres fois. Les contractions musculaires avec l'appareil de 10 couples n'étaient pas visibles.

Un autre individu (Pierre Martinuzzi), frappé de la même maladie, présentait ce phénomène qu'après un certain nombre de secousses, il en éprouvait une beaucoup plus forte que les précédentes. Je me contenterai d'indiquer ici ces phénomènes : je me réserve d'en parler avec le développement convenable, quand je publierai l'histoire de quelques paralysies dans le traitement desquelles est entrée l'électricité.

ordinaire ; on met les membres de l'une en communication avec le pôle négatif, ceux de l'autre avec le pôle positif d'un électromoteur ; les deux troncs plongent dans le liquide d'un même vase : chaque fois que l'on ferme le circuit, la première grenouille tressaille, l'autre non ; si l'on renverse la position de celle-ci, mettant le tronc où les membres étaient d'abord et réciproquement, les deux grenouilles s'agitent quand on établit la communication, et ne remuent pas quand on la supprime. Enfin si on intervertit à la fois la position dans laquelle se trouvent en dernier lieu les deux grenouilles, c'est-à-dire, que les membres de la première touchent au pôle négatif, le tronc de la seconde au pôle positif, le tronc de celle-là, et les membres de celle-ci plongeant dans le même verre, aucune des deux ne s'agite quand on ferme le circuit ; toutes deux tressaillent quand on le rompt. Il est vrai que ces secousses sont toujours bien moindres que quand on opère avec une seule grenouille. Mais précisément parce qu'elles le sont toujours, et non pas seulement quand pour l'une des deux le courant va des membres au tronc, on voit que cette diminution d'effet ne vient pas d'une résistance que les nerfs opposent au courant quand il les traverse dans une direction contraire à leur ramification, ni d'une sorte de polarité simple de ces nerfs, mais de ce que le courant électrique trouve plus de difficulté à traverser successivement deux grenouilles, qu'il n'en éprouve à se transmettre à travers une seule.

Pour bien voir la différence entre les effets produits lorsqu'on n'emploie qu'une grenouille, et ceux qui ont

lieu quand on en dispose deux comme on vient de le dire, on doit faire usage d'appareils d'un petit nombre de couples, par exemple de deux, trois, ou quatre élémens.

On peut varier de bien des manières ces expériences, en employant trois ou quatre grenouilles : les résultats sont peut-être plus singuliers, mais ils n'apprennent rien de plus.

XVI. En attendant que de nouvelles découvertes nous mettent en état d'expliquer pourquoi lorsque l'électricité parcourt les nerfs dans une direction contraire à leur ramification, la contraction a lieu lors de la rupture du circuit, je me bornerai ici à faire observer que c'est sans doute à ce phénomène que sont dues les petites secousses éprouvées par les animaux au moment où ils cessent de faire partie de l'arc de communication entre les pôles d'un appareil électromoteur.

Avant tout, on doit faire attention que toutes les circonstances qui contribuent à produire ou à modifier l'un de ces phénomènes, contribuent aussi à produire ou à modifier l'autre. Ici également, par exemple, il n'est nullement nécessaire d'interrompre le courant électrique qui traverse les nerfs de la grenouille dans une direction contraire à leur ramification, pour que la secousse ait lieu. Il suffit de le détourner en introduisant un arc métallique dans les tasses extrêmes de l'appareil. Bien plus, quand l'électromoteur, qui agit sur les nerfs, est composé d'un nombre un peu grand de couples, comme de 20, 30 et plus, il n'est pas nécessaire de détourner le courant tout entier; il suffit d'en enlever la plus grande partie

en introduisant l'arc métallique dans la seconde tasse et dans l'avant-dernière, ou dans deux autres tasses peu éloignées des extrêmes. Du reste ni l'un ni l'autre de ces phénomènes n'a lieu si l'on suspend le circuit peu à peu, on si l'on détourne peu à peu le courant électrique de l'animal.

En second lieu, il semble que dans tous les cas où un courant électrique traverse les organes du mouvement chez un animal, il y en a toujours une portion qui pénètre quelque nerf dans une direction contraire à sa ramification; et qu'alors la rupture du circuit contracterait les muscles auxquels ce nerf se rattache. Par exemple, si l'on place la grenouille de manière que l'un de ses membres inférieurs soit au pôle positif, l'autre membre au pôle opposé; quand on ferme le circuit, le courant se meut dans le premier en sens contraire, pour le second, dans le sens même de la ramification des nerfs. Le dernier membre s'agitera donc lorsqu'on établira les communications; le premier lorsqu'elles viendront à être supprimées; et comme les cuisses sont liées entre elles, les secousses données à l'une se communiqueront à l'autre: il semble donc que l'une et l'autre soient mises en mouvement dans tous les cas; et si les secousses, lors de la rupture du circuit, sont dans ce cas plus faibles que celles qui ont lieu quand on le ferme, c'est que le nerf n'étant pas mis à nu, l'électricité qui le traverse est peu de chose. il est facile de se convaincre qu'il doit en être ainsi, en séparant un membre de l'autre, mais en laissant chacun d'eux uni au tronc par son nerf principal; car, si l'on fait alors communiquer un membre au pôle négatif, l'autre au

pôle opposé, le premier s'agite chaque fois qu'on interrompt de nouveau le circuit (1).

En troisième lieu, si l'on prépare la grenouille sans lui enlever les reins, mais en supprimant les nerfs cruraux, ses membres ne tressaillent qu'à l'instant où l'on ferme le circuit, et cela quelle que soit la direction du courant. Il en est de même, si on laisse les extrémités unies au tronc par deux filets musculaires, ou si on fait l'expérience sur une seule jambe ou sur un seul muscle.

On voit donc, par ce qui précède, qu'il y a une différence notable entre les secousses produites par l'action immédiate de l'électricité sur les muscles et qu'on peut appeler *contractions idiopathiques* et celles qui dérivent de l'action qu'elle exerce sur les nerfs qui président aux mouvemens des mêmes muscles, *contractions* qu'on pourrait appeler *sympathiques*. On doit avoir égard à cette différence, quand on fait des expériences semblables à celles que nous avons rapportées jusqu'ici pour n'être pas quelquefois induit en erreur.

XVII. Nous avons vu que, quand le fluide électrique parcourt un nerf, en allant de son origine à son extrémité, ou au moins dans cette direction, les secousses se manifestent; qu'elles n'ont pas lieu quand ce fluide suit dans le nerf une direction contraire. Cela n'aurait rien d'étonnant, si, comme nous l'avions d'abord supposé, le nerf, par une certaine polarité simple, par une propriété particulière, arrêtait ou au moins rendait très-difficile le

---

(1) Une expérience analogue à celle-ci a été décrite par M. Lehot; *Histoire du galvanisme* par Sue, tome II, page 134.

mouvement de l'électricité, lorsqu'elle tend à le parcourir dans une direction contraire à celle de sa ramification. Mais nous avons trouvé cette supposition en défaut. Ainsi le fluide électrique qui, en traversant le nerf dans le sens de sa dérivation, produit un effet si intense, n'en produira aucun s'il le traverse en sens contraire. Quand par un effet de la volonté un muscle se contracte, il y a certainement quelque chose qui va ou se propage de l'origine à l'extrémité du nerf aboutissant à ce muscle; quand au contraire l'animal s'aperçoit de l'impression d'un objet extérieur sur un de ses membres, il doit y avoir quelque chose qui va ou se propage de l'extrémité du nerf à son origine. Maintenant, puisque l'électricité fait naître une contraction, précisément quand elle court de l'origine à l'extrémité des nerfs, ne serait-il pas possible qu'elle produisît une sensation, quand elle les traverse dans une direction opposée? Un fait n'est pas favorable à cette induction : c'est le fait observé par Volta, que, quand on met une partie écorchée dans le circuit d'un électromoteur, la sensation est plus douloureuse si cette partie touche au pôle négatif. Cependant ayant réfléchi que cette sensation plus vive pourrait dépendre des substances qui se développent à ce pôle, et non d'une action mécanique de l'électricité, je me suis déterminé à faire à ce sujet quelques expériences que je vais décrire.

XVIII. Une grenouille fut préparée de manière que ses membres inférieurs unis ensemble n'étaient attachés au reste du corps que par les nerfs cruraux bien mis à nu et nettoyés. On la prépara ainsi sans l'écorcher ou la décapiter, et en n'apportant dans les viscères que le moindre désordre qu'il fut possible. Alors on mit les mem-

bres inférieurs dans la tasse où trempait la première plaque cuivre d'un électromoteur, et on plongea les jambes de devant dans le liquide qui mouillait le dernier zinc, de manière que la grenouille avait la tête et la poitrine appuyées sur le bord du vase. Ensuite, le circuit ayant été fermé, la grenouille s'agita principalement par les membres inférieurs (1), mais elle ne donna pas de signes de souffrance, quoiqu'on l'eût laissée soumise au courant pendant vingt secondes environ. Sans la déplacer, je renversai l'ordre des couples; et alors, le circuit ayant éte fermé de nouveau, elle s'agita, mais bien moins que la première fois; puis au bout de quelques instans elle se mit à respirer péniblement, en se gonflant beaucoup; elle tira la jambe droite du liquide et la porta sur le bord de la tasse : quand on interrompit la communication, elle s'agita, puis redevint tranquille. Je disposai de nouveau les plaques, comme au commencement de l'expérience; le circuit fermé, la grenouille éprouva une secousse, mais elle ne donna aucun signe de douleur pendant tout le temps que le courant la traversa : ce temps fut d'environ une minute. La disposition des plaques intervertie une seconde fois, la grenouille parut fortement tourmentée par le courant. A une troisième alternative, elle ne fit qu'agiter un peu les jambes et les flancs; à la quatrième, elle ne donna que de légers indices de douleur après être restée environ une minute dans le circuit. Ces indices furent les derniers.

---

(1) Il est inutile de signaler ici les secousses produites par l'action immédiate du courant électrique sur les muscles des jambes antérieures, du dos, etc.

Quelquefois, lorsque le courant traversait les nerfs dans le sens de leur ramification, j'ai vu l'animal donner des signes de souffrance au moment où l'on interrompait le circuit.

L'électromoteur était composé de dix couples : le liquide conducteur, de l'eau de pluie tenant en dissolution environ un cinquantième d'hydrochlorate de soude.

XIX. Au lieu de préparer la grenouille, comme il a été dit dans le § précédent, on peut découvrir à la partie supérieure un des nerfs cruraux, sans porter la moindre atteinte aux viscères, et passant sous ce nerf une petite plaque de cire d'Espagne pour en enlever une portion au contact des parties humides situées au dessous, lier en deux points différens cette portion de nerf isolée avec deux petites lames d'étain que l'on fait communiquer aux deux pôles d'un appareil voltaïque. Seulement dans cette disposition les phénomènes semblent à la première vue se produire en sens contraire. En effet, c'est lorsque la lame qui lie le nerf dans le point le plus voisin du tronc, communique au pôle positif que l'animal donne des signes de douleur; c'est lorsque ce pôle touche la lame fixée au point du nerf le plus éloigné de son origine, que les contractions seules ont lieu. Mais il faut considérer que, dans ce cas, le fluide électrique pour se porter de l'armure qui communique au pôle positif à celle qui aboutit au pôle négatif, au lieu de suivre la portion de nerf comprise entre les deux ligatures, se dirige à travers les viscères, trouvant de ce côté un passage bien plus facile, et des substances plus conductrices. Ainsi le courant, ou du moins sa plus grande partie, se meut dans une direction contraire à la dérivation du nerf, et pour cette rai-

son, l'animal, outre les contractions des muscles immédiatement traversés par le fluide électrique, donne des signes de douleur. Quand la même armure communique au pôle négatif, le courant ou sa presque totalité suit la dérivation du nerf, et la grenouille s'agite, mais sans paraître affectée d'une sensation extraordinaire.

XX. Que l'on prépare du reste la grenouille de l'une ou de l'autre manière, ces résultats ne sont pas faciles à obtenir. Si les nerfs, au moins dans une certaine étendue, ne sont pas bien préservés du contact des substances humides, s'ils sont ensanglantés, mouillés par quelques liquides; s'ils ne sont pas bien nettoyés et dépouillés des filamens qui ordinairement y adhèrent, on n'obtient que des résultats confus et équivoques. On doit apporter la plus grande attention à ce que l'électricité ne puisse avoir d'autre chemin que les nerfs pour passer des parties antérieures aux cuisses, si la grenouille est préparée de la première manière; ou d'une armure à l'autre, si l'on suit le second mode d'expérience. Il ne faut pas veiller moins soigneusement à ce que l'électromoteur soit bien isolé, c'est-à-dire, chaque tasse bien essuyée à l'extérieur : autrement les courans électriques, quelque faibles qu'ils soient, qui, dans ce cas traversent l'animal, peuvent facilement masquer le phénomène principal et fatiguer tellement la grenouille, qu'en très-peu de temps elle ne donne pas plus de traces de mouvement que si elle était morte.

Je dois encore avouer que, malgré toutes ces précautions, quelquefois l'animal, aussitôt la préparation terminée, se trouve comme dans un état de stupeur, et qu'excepté les contractions, aucun autre indice ne

montre qu'il soit affecté par le courant voltaïque. Cela dépend-il des tourmens que lui fait endurer la préparation, de sa disposition antérieure, de son âge, de son tempérament, de la manière dont il a vécu depuis qu'on l'a privé de la liberté, ou d'autres circonstances? c'est ce que je n'ai encore pu déterminer.

Quelquefois un animal qui, venant à peine d'être préparé, ne donnait que des résultats équivoques, en a fourni de beaucoup plus nets, lorsqu'on le laissait reposer pendant quelques minutes.

Ordinairement la grenouille, préparée suivant la seconde méthode, bien qu'alors les viscères n'aient été nullement endommagés et qu'elle vive beaucoup plus long-temps, donne des phénomènes moins marqués qu'ils ne le sont dans le premier mode d'expérience. Il semble que, dans ce premier mode, la perte presque totale du sang, l'aorte étant complètement tranchée, concourt à rendre l'animal plus indifférent à l'état dans lequel il se trouve, et par-là plus propre à sentir ou à manifester qu'il ressent l'action de l'électricité, *comme cause de douleur* (1).

Quelquefois, n'obtenant aucun résultat avec un appareil de 6 à 7 élémens, j'en ai obtenu en prenant un appareil de 30 couples; quelquefois cette substitution même a été inutile.

Peut-être, en opérant sur d'autres animaux, ce que je n'ai pu faire jusqu'ici, obtiendrait-on plus facilement les phénomènes précédens. Mais même, en se bor-

---

(1) Il faut bien distinguer cette action de celle qui ne produit que des secousses.

ant aux grenouilles, quiconque voudra répéter les expériences que je viens de décrire, pourra, je crois, avec un peu de patience, obtenir des résultats satisfaisans. C'est pour ne m'être pas facilement découragé, que j'ai réussi dans une expérience dont le succès a passé mon attente. Je vais la rapporter ici.

XXI. Une grenouille femelle, de médiocre grosseur, plutôt jeune, vigoureuse et croassant facilement, une heure après que je me la fus procurée fut étendue sur le dos, sur une règle de bois, à laquelle on assujettit avec des liens séparés les jambes postérieures et chacune des jambes de devant, de manière que sa respiration ne pût être nullement gênée. Alors on la prépara suivant la première méthode, c'est-à-dire, que les membres postérieurs ne restèrent attachés au corps que par les deux nerfs cruraux. Aussitôt après l'opération, la grenouille fut détachée, la jambe droite antérieure liée avec une petite lame de plomb communiquant de l'autre bout à un pôle de l'appareil électromoteur; les deux jambes postérieures unies ensemble furent liées avec une bandelette de plomb aboutissant à l'autre pôle; on posa les jambes antérieures et le ventre de la grenouille sur une lame de verre, et on tint les extrémités postérieures soulevées avec la main revêtue d'une enveloppe isolante. Une minute environ après que tout fut disposé, la grenouille étant entièrement tranquille, je commençai à la tourmenter par le courant électrique. Voici ce que j'observai :

Si le courant envahissait les nerfs dans la direction de leur ramification, la grenouille agitait les extrémités inférieures à l'instant où l'on fermait le circuit : à l'ins-

tant où on l'interrompait, elle poussait un cri prolongé de toute la force de ses poumons, et se soulevait en même temps avec des contorsions sur les membres antérieurs; mais les extrémités inférieures ne s'agitaient pas. Si le courant pénétrait les nerfs en sens contraire de leur ramification, c'était lorsqu'on établissait les communications que la grenouille faisait entendre un cri accompagné de contorsions; cri qu'elle répétait deux, trois et même quatre fois si on laissait le circuit fermé pendant quelque temps : quand on l'interrompait, les extrémités postérieures s'agitaient, et l'animal cessait de crier et de présenter des contorsions.

J'observai ces effets opposés d'abord avec un seul couple électro-moteur, puis avec trois et huit; en tout dix à douze fois.

Après avoir obtenu des résultats aussi évidens, je crois pouvoir poser en principe ce qui suit. Quand le fluide électrique s'introduit dans un nerf dans le sens de sa ramification, il produit une contraction musculaire; au moment où il cesse d'y pénétrer, une sensation (1). Quand le courant a lieu dans le nerf en sens contraire de la ramification de ce nerf, il produit une sensation tant qu'il subsiste et une contraction à l'instant où il cesse d'exister (2).

XXII. Quand on voit qu'au moment où le courant

---

(1) C'est pour abréger que j'appelle sensation cette modification du nerf, qui dans l'animal vivant cause une sensation.

(2) Bien entendu que l'on ne parle ici que des nerfs qui servent aux mouvemens et aux sensations.

électrique cesse d'agir sur un nerf, se manifeste précisément l'effet que produirait un courant contraire, on revient à regarder comme admissible l'hypothèse que les nerfs ont la propriété de retenir une partie de l'électricité qui les pénètre, et que cette portion, ainsi retenue, les parcourt en sens contraire à l'instant où s'arrête la circulation produite par l'électromoteur. Mais il faudrait démontrer que ces organes ont réellement une telle faculté, et cela est très-difficile. Quand même on y parviendrait, il resterait encore à concevoir pourquoi cette électricité retenue par un nerf prend ensuite un mouvement opposé à celui du courant qui l'a apportée. Certainement on aurait plus tôt fait d'admettre dans les nerfs, pour expliquer le phénomène, des courans électriques naturels que déplacerait l'action des courans produits artificiellement par nos appareils, et qui, la cause perturbatrice venant à cesser, reprendraient violemment leur cours.

Y a-t-il une électricité animale, comme Galvani l'a toujours soutenu; ou, ce qui revient peut-être au même, l'identité du fluide électrique et du fluide nerveux antérieurement soupçonnée par d'autres physiciens, est-elle une chose vraie? Les expériences précédentes nous mettent, ce me semble, sur la voie qui peut conduire à le savoir.

Quoi qu'il en soit, l'analyse que je viens de faire de la secousse qu'éprouvent les animaux à l'instant où ils cessent de servir d'arc de communication entre les pôles d'un électromoteur, me fournit, je pense, avec certitude les conclusions suivantes :

1°. Les principes sur lesquels repose jusqu'ici la théo-

rie des appareils voltaïques ne nous autorisent pas à admettre dans ces appareils un reflux d'électricité au moment où on interrompt le circuit.

2°. Quand ce reflux aurait lieu, la secousse qu'éprouve l'animal au moment où il cesse de faire partie du circuit, ne peut lui être attribuée.

3°. Les deux sortes de contractions produites dans les muscles par l'électricité, savoir les *contractions idiopathiques* et les *contractions sympathiques*, méritent d'être distinguées l'une de l'autre, en ce que les premières ont lieu, quelle que soit la direction suivant laquelle le courant pénètre les muscles, et les secondes, alors seulement que le courant parcourt les nerfs dans le sens de leur ramification.

4°. L'agitation que les animaux éprouvent quand ils cessent subitement de faire partie d'un circuit électrique, provient de ce que l'électricité, quand elle se meut dans les nerfs en sens contraire de leur ramification, fait naître une secousse à l'instant où elle cesse d'y pénétrer, et non pas lorsque la circulation s'établit.

5°. Quand le fluide électrique pénètre les nerfs en sens contraires de leur ramification, au lieu d'occasioner une contraction, c'est une sensation qu'il produit.

6°. L'animal éprouve une sensation au moment où l'on interrompt un courant électrique qui parcourt le nerf dans le sens de sa ramification (1).

---

(1) Ce Mémoire a été présenté, sous forme de lettre, en novembre 1827, à l'Académie de Roveredo. Un extrait en a été publié dans l'appendice d'histoire et de littérature nationales du Messager tyrolien, le 15 janvier 1828. Les conclusions précédentes se trouvent dans cet extrait.

# SUITE

## *Des Recherches sur les métaux qui accompagnent le platine, et sur la méthode d'analyser les alliages natifs ou les minerais de platine.*

Par J. J. Berzelius.

### *Osmium.*

Ce métal n'a encore été examiné que par M. Vauquelin et par Tennant (*Ann. de Chim.*, t. LXXXIX), p. 225, en même temps que l'iridium qui l'accompagne toujours. La singulière propriété de l'osmium, de former un oxide volatil, soluble dans l'eau, a tellement attiré l'attention, que ses autres propriétés sont restées inconnues, ou du moins n'ont pas été recherchées; et certes, d'après ce que l'on connaissait de ce métal, on était loin de lui attribuer avec l'iridium cette frappante analogie que la suite de ce travail fera apercevoir.

*Préparation de l'osmium.* J'ai déjà touché un mot de cet objet à l'article de l'iridium, et dit qu'on dégageait l'osmium en distillant la masse fondue avec les alcalis, et traitée par de l'acide muriatique et beaucoup d'acide nitrique : l'acide nitrique agit en décomposant le chlorure double, et cette action est d'autant plus complète qu'on a ajouté moins d'acide muriatique. Pour obtenir l'osmium pur, on conduit la distillation sans faire bouillir, et quand un cinquième ou un quart de la liqueur se trouve passé, on enlève l'osmium. Ce qui se dégage quand l'acide est devenu concentré, est mêlé avec du chlorure d'iridium. Cette dissolution d'oxide

obtenue, il ne reste qu'à en séparer le métal. Vauquelin, après avoir versé dans la liqueur de l'acide muriatique, précipite l'osmium par une lame de zinc; mais cette méthode demande l'emploi de zinc distillé, et, en outre, elle perd beaucoup d'oxide qui se dégage en même temps que l'hydrogène.

J'ai essayé de séparer l'osmium, soit de sa dissolution ammoniacale, soit de ses dissolutions acides, par le cuivre; mais l'opération marche avec une excessive lenteur. Le cuivre devient blanc, comme argenté, sans qu'il se sépare d'osmium.

Il vaut mieux précipiter par le mercure, après avoir mis dans la liqueur assez d'acide muriatique pour transformer le mercure en chlorure : sans cette précaution, on obtient seulement un mélange d'oxidule de mercure, et d'oxidule, peut-être d'oxide d'osmium. On pourrait penser qu'il est possible de séparer le mercure de ce mélange en réduisant par l'hydrogène et distillant; mais, avant que la masse n'ait atteint la température nécessaire pour la réduction, une bonne partie de l'oxide d'osmium se dégage avec l'hydrogène. Quand, au contraire, on traite par l'acide muriatique, on ne sépare pas tout l'osmium; il en reste une portion en dissolution, qui colore ordinairement le liquide. On peut, à la vérité, en précipiter tout l'osmium par une longue digestion avec le mercure, mais l'opération marche trop lentement. Au lieu de cela, on sature l'acide avec de l'ammoniaque, on évapore à siccité et on chauffe dans une cornue. Le sel d'osmium est ainsi décomposé par l'ammoniaque, et le mercure se dégage avec le sel ammoniac à l'état de sel double.

Le précipité obtenu par le mercure consiste en chlorure de mercure, en un amalgame d'osmium et de mercure pulvérulent et en mercure liquide retenant une trace d'osmium. On peut le distiller dans une cornue; mais je trouve plus commode de le placer dans un tube de baromètre muni d'une boule, et d'y faire passer à chaud un courant d'hydrogène. Le mercure et le chlorure de mercure se volatilisent, et l'osmium reste en résidu : il est sous forme d'une poudre noire, poreuse, sans éclat métallique, mais qui le prend sous l'action du brunissoir.

L'osmium a rarement l'éclat métallique qu'il possède à l'état compacte. Pour l'obtenir à cet état, on volatilise l'oxide dans un courant de gaz hydrogène, et on fait passer le mélange dans un tube de verre chauffé au rouge sur un espace d'un pouce. Une sorte de combustion se produit; l'osmium se sépare du gaz, et forme dans le tube un anneau compacte, qui, par le refroidissement, prend un éclat voisin de celui de son alliage avec l'iridium.

Dans cet état, j'ai trouvé 10 pour la pesanteur spécifique de l'osmium : je l'exprime en nombres ronds, parce que la quantité sur laquelle j'ai opéré étant peu considérable, les décimales ne seraient pas très-exactes. La pesanteur spécifique de l'osmium obtenu par la réduction au moyen du mercure n'est pas tout-à-fait égale à 7. L'osmium se dissout lentement dans l'acide nitrique ordinaire, et la dissolution ne laisse point de résidu. La dissolution dans l'eau régale est beaucoup plus facile, à cause sans doute de la plus grande concentration de l'acide; car il ne se forme aucune combinaison avec le

chlore. La dissolution dans l'acide nitrique fumant est des plus faciles à l'aide de la chaleur. Il présente ce caractère, déjà connu, qui lui est commun avec le charbon, le silicium et plusieurs autres corps, de ne plus se dissoudre dans les acides après une calcination à une température élevée.

Il s'oxide aisément à une haute température : lorsqu'il est dans un grand état de division, il s'enflamme et brûle en s'entretenant lui-même à la chaleur rouge : cela n'a plus lieu quand il est à l'état compacte ; il cesse de s'oxider quand on l'ôte du feu. On a dit qu'à la température ordinaire il s'oxidait lentement dans l'atmosphère, mais cela est tout-à-fait inexact ; car on peut l'exposer au gaz oxigène jusqu'à la température de 100°, sans qu'il se développe aucune odeur.

*Poids de l'atome d'osmium.* Je l'ai déterminé par le même moyen que pour les métaux précédens. L'osmium donne avec le potassium un chlorure double (*kalium chloridsalz*), dont j'indiquerai plus loin la préparation et les caractères ; j'ai desséché ce chlorure dans le chlore à une température modérée, et je l'ai ensuite réduit par l'hydrogène. 1g,3165 de ce sel ont perdu par l'action de l'hydrogène 0g,3805 de chlore. Le résidu a été traité par l'eau ; le métal a été bien lavé, et la dissolution saline, évaporée au rouge naissant dans un creuset de platine, a donné 0g,401 de chlorure de potassium. Le métal isolé, ne pouvant pas être dosé directement avec assez de rigueur, on a pris son poids par différence : il a été trouvé de 0,535.

Le calcul donne 0,19034 pour la quantité de chlore contenue dans 0,401 de chlorure de potassium, et le

double de cette quantité 0,38068 est très-voisin de celle (0,3805) obtenue par l'analyse. L'osmium, dans ce sel, renferme donc deux fois plus de chlore que le potassium, comme dans les sels analogues de platine et d'iridium; sa formule est ainsi $K\,Cl^2 + Os\,Cl^4$; d'ailleurs, comme ces sels, il cristallise en petits octaèdres réguliers exempts d'eau. Le sel double donne pour poids de l'atome 1244,18; d'après la quantité de chlore, c'est 1244,24; en prenant la moyenne, ce poids sera 1244,21. Ce métal a une pesanteur atomistique très-voisine de celle de l'iridium et du platine, avec lesquels il paraît être isomorphe.

*Chlorure d'osmium* (*chlorosmium*). Lorsque l'on fait passer un courant de chlore sur l'osmium à la température ordinaire, on n'aperçoit aucune action; mais, si l'on chauffe le métal, il se forme à l'instant même un beau sublimé vert foncé, qui est le chlorure (*osmium chlorür*), et si l'on fait passer un excès de chlore, il se forme bientôt un sublimé rouge, pulvérulent, qui est le perchlorure (*chlorid*). J'ai fait cette expérience dans un tube de verre, renfermant plusieurs boules, les unes à la suite des autres. Dans la première était l'osmium chauffé par une lampe à alcool, et de la dernière le gaz était conduit dans une dissolution d'ammoniaque caustique pour retenir le perchlorure qui aurait pu être entraîné. Dans le courant de l'opération, on pouvait voir que le chlorure se déposait près de l'osmium, pendant qu'une vapeur jaunâtre accompagnait le gaz et se déposait un peu plus loin, où elle couvrait le tube d'un précipité d'un rouge de cinabre foncé.

Lorsque l'on fait cette opération avec du chlore qui n'a pas été desséché par le chlorure de calcium, et surtout, que le liquide d'où le chlore se dégage vient à s'échauffer et fournit beaucoup de vapeur, le dépôt pulvérulent d'un rouge foncé passe au jaune, et forme sur le verre une couche transparente. Il se forme peu à peu des cristaux dont la grosseur et la quantité augmentent avec l'humidité du gaz. Lorsqu'à la fin de l'opération j'ouvris le tube pour laisser échapper le chlore, ces cristaux augmentèrent de telle sorte, qu'au bout d'environ deux heures tout se trouva cristallisé.

Le chlorure ne paraît pas cristallisé, mais cela tient à l'épaisseur de la couche qu'il forme ; car, en regardant par l'extrémité du tube, je vis qu'il était tapissé d'aiguilles vertes qui se prolongeaient dans l'intérieur. Plus loin, les parois du verre étaient tapissées d'une sorte de végétation étoilée, sur laquelle étaient des cristaux jaunes parmi lesquels on remarquait des lames plus larges, d'un jaune citron. Ces cristaux étaient si fusibles que la chaleur de la main suffisait pour les fondre. Plus près de l'extrémité par où le gaz s'échappait, et où une ouverture plus étroite ne laissait entrer l'air que lentement, se trouvait une végétation de cristaux de couleur de cinabre foncé, que la chaleur de la main ne faisait pas entrer en liquéfaction. Il n'y a aucun doute que les cristaux verts et rouges ne fussent du chlorure et du perchlorure renfermant de l'eau de cristallisation. Je n'ai pas déterminé en quoi consistaient les cristaux jaunes ; ils étaient, soit un sesqui-chlorure, soit du perchlorure avec une plus grande quantité d'eau de cristallisation : la pureté de la couleur jaune, et leur

grande fusibilité me feraient pencher pour la dernière opinion. Ce composé se comporte d'une manière très-remarquable avec l'eau. J'ai enlevé la dernière boule et j'y ai versé un peu d'eau; le perchlorure s'est instantanément dissous en développant une couleur citron, tirant un peu sur le verdâtre. J'ai ajouté une nouvelle portion d'eau; la teinte a passé au vert, et il s'est développé une odeur d'oxide d'osmium. Après un instant, la couleur s'est foncée, la liqueur s'est troublée, et il s'est déposé un coagulum bleuâtre, léger et floconneux d'osmium métallique: le perchlorure s'était décomposé en acide muriatique, en oxide volatil et en métal. L'oxide volatil renferme donc plus de 2 atomes d'oxigène. J'ai traité le chlorure de la même manière, mais il se trouvait mélangé dans la boule avec beaucoup de ces cristaux jaunes si fusibles. Avec très-peu d'eau, le chlorure donne une dissolution d'un beau vert; une goutte d'eau en excès rend la dissolution opaque. J'ai pris une petite portion de cette liqueur, et j'y ai ajouté une plus grande quantité d'eau; le chlorure s'est décomposé absolument comme le perchlorure. J'ai placé dans un flacon la dissolution concentrée; elle paraissait opaque; cependant on apercevait sur les bords une couleur brune-jaunâtre ou verdâtre.

J'ai fait dissoudre dans ces liqueurs un peu de chlorure de potassium, et j'ai évaporé à siccité sans que l'odeur d'oxide se fît sentir: j'ai obtenu ainsi une masse saline, confusément cristallisée et mêlée de chlorure de potassium en excès. Le sel double se dissolvant plus rapidement que le chlorure de potassium, je l'ai ainsi séparé en partie; la dissolution a été abandonnée à l'éva-

poration spontanée. Parmi les cristaux de chlorure de potassium se trouvaient des cristaux prismatiques d'un brun clair du sel double. Pour m'assurer si ce sel était un sel double sesqui-chlorure (*sesquichlorür-doppelsalz*), j'ai enlevé par l'alcool le chlorure de potassium ; mais, après une heure, cette dissolution a abandonné de l'osmium métallique. Les cristaux bruns, insolubles dans l'alcool, ont été dissous dans l'eau ; la dissolution était d'une couleur brun-jaunâtre. Cette liqueur tachait la peau, et après quelque temps elle s'est troublée en déposant de l'osmium métallique. Ce caractère de laisser déposer le métal ne se rencontre pas dans les sels doubles préparés par d'autres procédés. Il ne s'est point dégagé d'odeur d'oxide.

L'osmium a des sels doubles de perchlorure, probablement de sesqui-chlorure et de chlorure, et enfin, en toute apparence, un sel double de sesqui-perchlorure.

*Sel double de perchlorure d'osmium et de chlorure de potassium.* On l'obtient en mêlant intimement de l'osmium métallique en poudre avec un poids égal de chlorure de potassium, et en chauffant au rouge naissant dans le chlore. Le chlore entraîne un peu d'osmium au dehors ; mais, pour ne rien perdre, on le reçoit dans l'ammoniaque (1). Le chlore est absorbé lentement, et on

(1) Voici une observation que je ne dois pas passer sous silence : ne soupçonnant pas la perte qui devait avoir lieu par le chlore, je reçus ce gaz pour me débarrasser seulement de l'odeur sur de l'hydrate de chaux. A la fin de l'opération, cette substance exhalait une forte odeur d'oxide d'osmium formé aux dépens de l'oxigène de la chaux.

obtient une poudre rouge non fondue, d'une couleur analogue à celle du minium, mais un peu plus foncée. Elle se dissout très-lentement dans l'eau chargée de sels, et on peut séparer l'excès de chlorure de potassium avec un peu d'eau froide. Elle se dissout dans l'eau froide avec une belle couleur citron. Elle est beaucoup plus soluble dans l'eau bouillante. La couleur de la dissolution est le jaune foncé, tirant un peu au vert, et non plus au rouge. L'évaporation spontanée produit des cristaux octaédriques brillans, de couleur brune. Si l'on verse dans l'alcool une dissolution saturée de ce sel, il se forme un dépôt d'une poudre cristalline, couleur de cinabre. La liqueur alcoolique devient jaune. Si l'on imprègne un papier avec la dissolution aqueuse, et qu'on le laisse exposé quelque temps aux rayons solaires, il se produit une réduction; le papier prend une couleur bleue que l'eau ne peut pas lui enlever. On peut soumettre ce sel à une chaleur modérée sans le décomposer; mais, à la température du ramollissement du verre, le chlore s'en sépare, et il se forme un léger sublimé de chlorure; le résidu est formé d'un mélange de chlorure de potassium et d'osmium blanc avec l'éclat métallique. Quand on mêle ce sel avec une plus grande quantité d'osmium, et qu'on chauffe à une bonne chaleur rouge où la décomposition commence à se produire, la matière, après son refroidissement, se dissout bien, mais elle donne une liqueur plus verte que précédemment : quand on évapore à siccité, le résidu s'effleurit; le sel double de perchlorure se sépare d'abord, puis une petite quantité de sel double de chlorure; il ne se forme point, dans ce cas, de

sel double de sesqui-chlorure, comme pour l'iridium. L'acide sulfureux ne décompose point ce sel, même quand on chauffe jusqu'à ébullition. Mais, quand on dissout le sel dans l'acide nitrique et qu'on distille, on dégage l'oxide volatil, et il reste du nitre mélangé de chlorure de potassium.

Je n'ai pu déterminer plus précisément si c'était là le sel double de sesqui-chlorure. Il paraîtrait plutôt que la fusion du sel de perchlorure avec l'osmium métallique donne un mélange de sels doubles de perchlorure et de chlorure. Je suis indécis sur la nature de ce sel brun et prismatique dont j'ai parlé en même temps que du chlorure d'osmium. Dans quelques circonstances, les sels d'osmium présentent une couleur brune, tirant sur le pourpre, qui n'appartient ni au chlorure, ni au perchlorure.

Après avoir traité par le mercure une solution concentrée d'oxide d'osmium mêlée d'acide muriatique jusqu'à ce qu'il ne se dégageât plus d'odeur d'oxide, j'ai obtenu une liqueur d'un brun jaunâtre ; je l'ai filtrée et évaporée à sec sous une cloche remplie d'air et renfermant de l'acide sulfurique ; elle s'est réduite en un vernis brillant, de couleur pourpre, ne présentant aucune apparence de cristallisation ; à l'air, ce vernis se ramollit ; il se dissout également dans l'eau et l'alcool, en colorant la liqueur en brun : la dissolution a la saveur métallique ; elle tache la peau ; l'alcali la fait passer d'abord à la couleur brune ou pourpre sans la troubler ; mais, après une légère digestion, il se dépose un oxide noir, pendant que la liqueur devient plus claire.

Une autre portion de la dissolution d'oxide d'osmium, a été traitée d'abord par la potasse caustique, puis par l'acide muriatique et le mercure. Lorsque l'odeur de l'oxide a cessé de se faire sentir, on a filtré et évaporé la liqueur. On a obtenu un sel double brunâtre, légèrement soluble dans l'alcool, mélangé de chlorure de potassium : il est différent du sel double de chlorure; mais il est analogue au sel précédent; seulement celui-ci est un composé de sesqui-chlorure et de chlorure de potassium, et l'autre de sesqui-chlorure et de perchlorure de mercure.

Lorsque l'on chasse par l'évaporation l'excès de l'ammoniaque qui se trouve mêlée avec le perchlorure d'osmium, ou qui avait servi à intercepter le chlore, on obtient une dissolution brune-jaunâtre, analogue aux sels de sesqui-chlorure d'iridium. Le sel ammoniac qui provient de l'évaporation à siccité, est brun. Si on le sublime en vase clos par une chaleur convenablement modérée, on a un sel verdâtre qui est le sel double de chlorure.

Quand on mêle avec de l'ammoniaque le sel double de perchlorure d'osmium et de potassium, et qu'on évapore, on n'obtient pas comme avec l'iridium une liqueur bleue, mais une liqueur d'un brun foncé, tout-à-fait analogue au sel double de sesqui-chlorure de ce métal. Tous ces faits semblent annoncer l'existence du sel de sesqui-chlorure d'osmium; mais ce n'est que par l'analyse d'un sel bien déterminé qu'on peut obtenir quelque certitude à cet égard.

Les sels doubles de chlorure sont semblables à ceux de l'iridium. On obtient le sel double de potassium, en

mêlant avec l'alcool une dissolution aqueuse de perchlorure d'osmium et de potassium : on sépare par la filtration le sel qui se dépose, puis on soumet la liqueur à la distillation, ou à une longue exposition à la lumière solaire. Pendant la distillation il se dépose beaucoup d'osmium; quand la liqueur est devenue concentrée, on le sépare par la filtration. La liqueur abandonnée ensuite à l'évaporation spontanée, donne un sel qui s'effleurit sur les bords du vase : je n'ai pu l'obtenir en cristaux réguliers. Il est beaucoup moins facilement soluble dans l'alcool que dans l'eau.

Quand on dissout dans l'ammoniaque caustique le perchlorure double de potassium, il se forme une poudre insoluble, d'un vert foncé, qui paraît analogue à celle que produit l'iridium, quand on traite ses sels par l'ammoniaque. En évaporant la dissolution brune, et chauffant doucement le résidu jusqu'au point où le sel ammoniac commence à se volatiliser, on obtient le sel double de chlorure, mêlé avec du chlorure de potassium.

J'ai déjà dit précédemment que l'on obtenait le chlorure d'ammonium et d'osmium (*ammonium-osmium-chlorür*) en recevant dans l'ammoniaque l'excès de chlore mêlé de perchlorure, évaporant à siccité la liqueur, et chassant par une douce chaleur l'excès du sel ammoniac.

*Sel de sesqui-perchlorure.* L'osmium donne aussi un composé rouge qui a une ressemblance incontestable avec les sels de sesqui-perchlorure d'iridium; il s'est produit fréquemment dans mes expériences, sans que j'aie précisément déterminé dans quel cas il se produit

de préférence. Voici comment je l'ai obtenu en quantité assez considérable : J'ai fait passer à chaud un courant d'oxigène sur un mélange d'osmium et d'iridium; l'excès de gaz était reçu dans une dissolution étendue d'ammoniaque ; sur la fin elle s'est trouvée complètement saturée. La liqueur ammoniacale a été mélangée avec un excès d'acide muriatique et un peu de mercure, et abandonnée à elle-même, en agitant fréquemment, pendant 48 heures : on a filtré quand l'odeur de l'oxide a cessé de se faire sentir. La couleur de la dissolution était le brun tirant sur le pourpre. Le résidu de l'évaporation à siccité était un sel brun foncé, un peu effleuri.

Ce sel se dissout dans l'alcool avec une superbe couleur rouge variée de pourpre, analogue pour l'intensité et la beauté à celle du manganésiate de potasse. L'alcool isole un sel qu'il ne dissout pas : bien lavé, il se dissout dans l'eau avec une couleur brun-pourpré. Ces deux sels sont exempts de mercure, et constituent avec le chlorure d'ammonium (*chlor ammonium*) des sels doubles. Je regarde le premier comme le sesqui-perchlorure, l'autre comme le sesqui-chlorure.

Le sesqui-perchlorure ne se décompose pas quand on distille l'alcool. En abandonnant la dissolution à l'évaporation spontanée, on obtient une masse brune, confusément cristallisée, efflorescente : elle se dissout dans l'eau en développant une couleur rouge foncée, allant jusqu'à perdre la diaphanéité; mais, en l'étendant, elle passe par des nuances agréables de pourpre et de rose. La distillation à sec décompose le sel en muriate d'ammoniaque, et en osmium. Les alcalis ne changent point sa couleur; mais, en laissant digérer

long-temps avec un excès d'alcali, l'ammoniaque, rendue libre, réagit et semble produire un degré inférieur d'oxidation.

Ce que j'ai rapporté jusqu'ici de l'action du chlorure d'osmium sur le chlorure de potassium et celui d'ammonium, montre une grande analogie entre les combinaisons de l'osmium et celles de l'iridium. Ces deux métaux, paraissent isomorphes et forment des composés doubles cristallisés, dans lesquels les sels d'osmium resistent plus énergiquement à l'action de l'acide nitrique et de l'oxigène, que s'ils étaient seuls. A l'époque où je n'avais point encore déterminé les caractères de l'osmium, il me semblait que dans quelques circonstances ces deux métaux pouvaient passer de l'un à l'autre. Ainsi l'iridium précipité par le chlorure de potassium, séparé et calciné au rouge, donnait l'odeur de l'osmium. Lorsque au contraire je décomposais le sel par le carbonate de potasse, et que je volatilisais l'oxide d'osmium en le recevant dans l'ammoniaque, il donnait à la dissolution une couleur qui semblait provenir de l'iridium. J'ignore s'il existe un chlorure correspondant à l'oxide volatil : mais il est certain que cet oxide mêlé avec l'acide muriatique et le chlorure de potassium ne donne pas de sel double, et qu'il se dégage par l'évaporation.

### *Oxides d'osmium.*

Le nombre des oxides que fournit l'osmium est très-remarquable. Il y en a trois bien déterminés, formés par la combinaison d'un atome de métal avec 1, 2, 4 atomes d'oxigène, et il y en a très-vraisemblablement deux autres que je n'ai pu réussir à obtenir isolément; ils sont for-

més de 3 atomes d'oxigène, avec 1 et 2 atomes de métal. En outre l'osmium présente, comme l'iridium, une combinaison de deux oxides.

*a.*) *Oxidule.* On l'obtient en traitant, par la potasse caustique, le chlorure de potassium et d'osmium. La dissolution ne se trouble pas instantanément; mais, après une couple d'heures, il se forme un dépôt d'hydrate d'oxidule, d'un vert foncé presque noir. L'excès d'alcali en retient une portion qui lui communique une couleur d'un jaune vert sale. L'oxidule précipité retient de son côté une portion d'alcali, que les lavages ne peuvent séparer. Il se dissout lentement, mais complètement, dans les acides, en développant une couleur d'un noir verdâtre semblable à celle des sels d'iridium. L'acide nitrique le dissout à froid en se colorant en vert; la dissolution saturée et évaporée donne un vernis translucide, de couleur verdâtre. La dissolution saturée, dans l'acide sulfurique, devient d'un brun-verdâtre presque noir par la dessiccation. Le phosphate a la même couleur, il est très-difficilement soluble. L'acide muriatique le dissout en donnant la couleur brun-vert foncé du sel double de chlorure. L'oxidule chauffé au rouge naissant, à l'abri du contact de l'air, donne de l'eau, mais pas la moindre trace d'oxide volatil. Il détone avec les corps combustibles.

*b.*) *Sesqui-oxidule.* Son existence semble annoncée par l'oxide bleu d'osmium qui ressemble complètement à l'oxide bleu d'iridium, et serait vraisemblablement une combinaison d'oxidule et de sesqui-oxidule. Je n'ai pu néanmoins isoler ce dernier oxide, ni par voie humide, ni par voie sèche.

Lorsque les sels, dont j'ai parlé précédemment comme renfermant le sesqui-chlorure, sont traités par la potasse caustique, la dissolution prend une couleur brun pourpré, plus belle que celle des sels précédens, sauf toutes celles dessels ammoniacaux. Mais, par une digestion convenable, il se précipite un oxide noir, et la liqueur prend une couleur rose rouge comme celle du sesqui-perchlorure. Le précipité est de l'hydrate d'oxidule. Je pense que la liqueur rose renferme un oxide à 3 atomes d'oxigène, le sesqui-oxide, proportionnel au sesqui-perchlorure.

*c.*) *Oxide.* On l'obtient en traitant, par le carbonate de soude, une dissolution saturée de perchlorure d'osmium et de potassium. Au premier instant, la liqueur ne semble éprouver aucun changement; mais après quelque temps elle se trouble, devient noire et laisse déposer de l'hydrate d'oxide. En ajoutant du carbonate de soude en grande quantité, on obtient une liqueur opaque, brun-foncé, qui laisse déposer la plus grande partie de l'oxide; mais elle en retient encore considérablement, et ce n'est qu'après un temps fort long qu'elle se dépouille complètement. Quand on chauffe jusqu'au commencement d'ébullition, l'oxide se dépose et la liqueur se décolore. L'oxide, reçu sur un filtre, paraît noir : il retient de l'alcali que l'eau ne peut enlever; mais l'acide muriatique étendu s'en empare sans attaquer l'oxide.

La liqueur alcaline est légèrement jaune; elle le devient davantage lorsqu'on la sature d'acide muriatique : il ne se dégage aucune odeur d'oxide d'osmium;

ce qui montre bien qu'il ne s'est point formé une décomposition en un oxide inférieur qui se serait précipité, et en un oxide supérieur qui serait resté en dissolution.

Quand on dessèche l'oxide au bain-marie, et qu'ensuite on le chauffe dans l'acide carbonique, il donne de l'eau et puis un peu d'oxide volatil; mais l'oxide qui demeure après la calcination au rouge n'est pas, comme je l'avais d'abord cru, le sesqui-oxidule, mais l'oxide, comme le montre sa réduction par l'hydrogène. J'ai chauffé un mélange de perchlorure d'osmium et de potassium, et de carbonate de soude exempt d'eau; j'ai obtenu aussi un peu d'oxide volatil qui accompagnait l'acide carbonique, et venait s'arrêter dans une dissolution d'ammoniaque. La masse n'a pas été chauffée au rouge, mais seulement jusqu'à ce qu'il ne se produisît plus de gaz : lavée à l'eau et à l'acide muriatique, elle s'est réduite à de l'oxide. L'ammoniaque, saturée d'acide muriatique, a pris instantanément, après le dégagement de l'acide carbonique, une couleur rouge de rose.

L'oxide d'osmium obtenu par ces moyens ne se dissout point dans les acides. Seulement par une action prolongée l'acide muriatique prend une teinte jaunâtre. Néanmoins cet oxide peut former des sels avec les acides. Il constitue une classe particulière de sels oxigénés auxquels on peut donner le nom de sels d'oxide d'osmium (*osmium oxyd salze*) : j'en donnerai la preuve à l'article du sulfure d'osmium.

*d.*) *Binoxyde.* Je proposerai de donner ce nom à l'oxide volatil, parce qu'il renferme deux fois plus d'oxigène que l'oxide, et le nom de sesqui-oxide pourra être donné à cet oxide, dont j'ai fait voir que l'existence était très-

probable, et qui renferme une fois et demie autant d'oxigène que l'oxide : sa formule est $\dddot{O}s$.

Le binoxide se forme quand on fait brûler l'osmium, ou quand on traite à chaud par l'acide nitrique, soit les oxides, soit les chlorures doubles. On sait qu'il possède une odeur extrêmement désagréable; il est caustique, attaque les poumons, excite la toux, et une salivation prolongée, et produit sur les yeux, même lorsqu'il se trouve en très-petite quantité, une douleur cuisante. Le meilleur procédé, pour l'obtenir à l'état de pureté, consiste à chauffer l'osmium au rouge dans une boule de verre, et à y faire passer un courant d'oxigène. L'osmium se brûle et l'oxide se dépose à quelque distance. Lorsque le courant n'est pas très-vif, le gaz n'entraîne guère que 2 à 3 p. $\frac{o}{o}$ d'oxide; on le reçoit dans la potasse caustique. L'oxide se dépose en cristaux blancs, brillans : une partie se dépose à l'état liquide, et se prend en une masse cristalline. J'ai le plus souvent obtenu l'oxide complètement incolore. Quelquefois cependant la partie liquéfiée a une légère teinte de jaune; je n'ai pu déterminer la cause de ce phénomène.

La dissolution du liquide dans l'eau est incolore; celle qui provient du binoxide jaunâtre possède aussi une faible nuance de jaune. Il se dissout très-lentement dans l'eau; on peut l'y fondre long-temps avant que sa dissolution soit complète. Il se dissout facilement, et sans développer de couleur dans l'alcool et dans l'éther; mais il se réduit dans sa dissolution, et après vingt-quatre heures tout le métal s'est déposé. Dans la dissolution aqueuse,

l'alcool et l'éther ne produisent, ni précipité ni réduction. Le suif, les huiles grasses et les corps analogues réduisent l'oxide; de sorte que, si l'on enduit avec du suif le bouchon d'un vase renfermant de l'oxide d'osmium, on le voit noircir dans l'espace de deux heures.

Je n'ai pas eu les facilités nécessaires pour déterminer son point d'ébullition et la tension de sa vapeur. Il se volatilise dans le gaz hydrogène sans éprouver de réduction. Mais, quand on fait passer ce mélange par un espace convenablement échauffé, il se produit de l'eau et de l'osmium métallique; mais il n'y a point d'explosion, et la combustion ne se propage pas d'elle-même, comme je l'ai déjà fait voir à l'article de la préparation de l'osmium.

L'hydrogène sulfuré le décompose sans que l'action de la chaleur soit nécessaire : l'oxide s'échauffe de lui-même, se fond et se volatilise, de sorte que les parois du vase se recouvrent de sulfure d'osmium. J'avais espéré pouvoir transformer ainsi en sulfure des cristaux d'oxide sublimé sans altérer leur forme; cela eût rendu l'analyse commode. Mais la production de cette épigénie ne m'a pas réussi.

Bien que l'odeur de cet oxide soit un excellent caractère pour reconnaître la présence de l'osmium, on en a cependant un plus sensible encore dans la manière dont l'osmium se comporte dans la flamme de l'esprit-de-vin. On place un peu d'osmium sur le bord d'une feuille de platine, et on la porte dans la flamme de manière à chauffer l'osmium; la partie de la flamme qui s'élève le long de la feuille devient brillante près de l'osmium, comme si elle provenait du gaz oléfiant. La raison du

phénomène est facile à apercevoir. L'oxide brûle l'hydrogène, et alors le charbon et l'osmium, qui se trouvent dégagés au milieu de la flamme, deviennent blancs et éclatans. Le chlore, dirigé contre la flamme de l'esprit-de-vin, donne un résultat semblable, et la cause du phénomène est analogue : l'éclat de la flamme persiste aussi long-temps qu'il reste une trace d'osmium.

Lorsqu'au lieu d'osmium on prend de l'iridium renfermant seulement une trace d'osmium, on voit distinctement la flamme prendre instantanément un éclat, quoique moins vif que celui qui provient de l'osmium pur. Mais cet éclat cesse bientôt, quoique l'osmium ne soit pas complètement dégagé, parce qu'il s'est formé une combinaison fixe des deux oxides, incapable de prendre un degré d'oxidation plus élevé. Si alors on enfonce la feuille de platine dans la partie combustible de la flamme, l'osmium se réduit, et, quand on le rapproche des bords, il rougit de nouveau, et rend la flamme plus brillante : on peut encore le chauffer au rouge-blanc sans qu'il donne de l'odeur, et sans qu'il éprouve aucun changement. Une nouvelle réduction reproduit le même phénomène, et il est encore très-sensible lors même que par la réduction de l'osmium l'odeur de son oxide n'est plus sensible. J'ai trouvé, par ce moyen, de l'osmium dans de l'iridium, qui avait d'abord été traité par l'oxigène, réduit, puis changé en chlorure. Dans ces deux opérations, il s'était volatilisé de l'osmium ; le chlorure fut ensuite calciné dans une retorte de porcelaine jusqu'à ce qu'il ne se dégageât plus de chlore, et il se volatilisa encore des traces d'osmium et d'iridium ; néanmoins l'iridium ainsi obtenu a décelé, dans la flamme

de l'esprit-de-vin, la présence de l'osmium. On voit par là quelle tendance ces métaux ont à se réunir, et combien il est difficile d'obtenir de l'iridium exempt d'osmium. Il est facile de déterminer avec une rigueur suffisante la composition de cet oxide. J'ai fait chauffer de l'osmium dans le gaz hydrogène pour le dessécher, je l'en ai retiré pendant qu'il était encore chaud, et je l'ai pesé; je l'ai placé alors dans un tube de verre à deux boules assez voisines; une petite cornue renfermant du chlorate de potasse était adaptée à l'extrémité du tube la plus voisine de l'osmium. Le chlorate avait été préalablement chauffé jusqu'à commencement de dégagement d'oxigène, de sorte qu'il ne renfermait ni eau ni corps combustible. A l'autre extrémité du tube était adapté un second tube renfermant des fragmens de potasse humide destinés à retenir l'oxide entraîné par l'oxigène : le poids de ce tube était déterminé à l'avance.

0,278 part. d'osmium, y compris un résidu d'osmium contenant de l'iridium, pesant 0,003, ont été brûlés : il en est résulté 0,36 gr. d'oxide dans la boule vide, et 0,005 dans le tube renfermant la potasse : l'oxide avait été si complètement condensé que les morceaux d'alcali n'étaient colorés que jusqu'à une distance de $\frac{1}{4}$ de ligne au-delà du bouchon, et en outre le gaz oxigène qui se dégageait était entièrement inodore.

0,275g du métal donnent conséquemment 0,365 d'oxide, et prennent 0,090 d'oxigène. 1244 de métal en prendraient donc 407. La différence de ce nombre à 400, poids de 4 atom. d'oxigène, doit être attribuée aux incertitudes d'une analyse faite sur une aussi petite quantité;

car je ne possédais en tout que 2g au plus d'osmium. Je m'étais attendu à trouver dans cet oxide un atome du radical uni à 3 atomes d'oxigène, ou 2 atomes de radical avec 5 d'oxigène; mais le résultat de l'analyse précédente est si décisif, qu'on ne saurait élever, à ce sujet, aucun doute. L'erreur ne pourrait résulter que de l'eau ou de l'acide carbonique qui auraient pu être absorbés par l'alcali caustique renfermé dans le tube; mais l'augmentation de poids qui s'y était produite s'élevait en tout à 0,005. Cette cause d'erreur n'a donc pu influencer sensiblement le résultat.

Un oxide formé de 4 atomes d'oxigène et de 1 atome d'un radical inorganique est, d'après ce que l'on connaît jusqu'ici, une composition fort extraordinaire. La singularité disparaîtrait si l'on diminuait de moitié le poids de l'atome d'osmium; il en résulterait que l'oxidule d'osmium, comme celui de cuivre, serait formé de 2 atomes d'oxigène et de 1 atome de radical; alors le binoxide d'osmium correspondrait au peroxide de cuivre, et les sels rouges d'osmium et d'iridium aux sels rouges de rhodium. Mais ici on peut objecter que l'osmium, l'iridium, le platine et le palladium appartiennent à une même série de corps isomorphes; que, d'après les travaux de MM. Petit et Dulong sur la relation qui existe entre la chaleur spécifique et le poids atomique, le poids de l'atome de platine doit être conservé pour ne pas changer les résultats fournis par les autres corps, et qu'enfin le sesqui-oxidule d'iridium, dont l'existence ne saurait être douteuse, se trouverait alors formé de 4 atomes de radical et 3 d'oxigène, composition au moins aussi extraordinaire

dans les corps inorganiques que celle de 1 atome de radical et 4 d'oxigène. La question doit donc être regardée, pour le moment, comme indécise.

*Oxide bleu.* Tennant a trouvé qu'une dissolution de l'oxide volatil devenait bleue par l'action de la teinture de noix de galle. On a également vu que, dans quelques autres circonstances, il se formait en petite quantité un sublimé bleuâtre. Ces phénomènes sont dus à la formation de l'oxide bleu, qui, pour la couleur et vraisemblablement aussi pour la composition, est analogue à l'oxide bleu d'iridium. J'ai pensé qu'il est probablement composé d'oxidule et de sesqui-oxidule, quoique aucun moyen bien décisif n'ait établi l'existence de ce dernier oxide pour l'osmium; toujours est-il qu'on peut le considérer comme formé d'oxide et d'oxidule, et que la combinaison qui existe entre l'oxidule et le sesqui-oxidule d'iridium se trouve, sans rien changer à la composition centésimale, exister pour l'osmium entre l'oxide et l'oxidule, si tant est qu'il n'ait point de sesqui-oxidule (1).

Lorsque l'on verse de l'acide sulfureux dans une dissolution d'oxide d'osmium, la couleur change : une petite quantité d'acide la fait passer au jaune ou au jaune orangé peu foncé; elle tient probablement à la formation du sulfate d'oxide : une plus grande quantité fait tourner la couleur au brun, comme s'il s'était produit du sulfate de sesqui-oxidule. Une nouvelle addition d'acide produit le vert, et enfin un excès donne à la

---

(1) On sait que les compositions $\dot{R}+\underline{\dddot{R}}$ et $2\dot{R}+\underline{\ddot{R}}$ donnent le même rapport entre l'oxigène et le métal.

liqueur une couleur bleue foncée, semblable à celle de la dissolution sulfurique d'indigo. Lors même que l'on y ajoute de suite un excès d'acide, on voit la liqueur passer par ces diverses nuances, mais plus promptement. Si l'on désire arrêter à un point déterminé la couleur de la dissolution, il faut ajouter l'acide sulfureux par petites doses, et attendre chaque fois une couple d'heures pour donner à l'acide le temps de se suroxider. La liqueur bleue ne renferme point d'oxide volatil, et peut par conséquent être soumise à l'évaporation. On dégage ainsi l'excès d'acide sulfureux, et on obtient en résidu un sulfate bleu, consistant en une masse fendillée quoique molle, à peu près comme le sulfure de cuivre. Lorsqu'on le dessèche complètement, ce sel ne se redissout plus qu'en partie dans l'eau; il donne une liqueur bleue, très-acide. Le résidu peut être lavé; il présente néanmoins ce caractère singulier, que, lorsqu'il reste exposé à l'air, tout humide, il recouvre la propriété de colorer l'eau avec laquelle on le lave. La masse, lorsqu'elle n'est point encore desséchée, forme des écailles élastiques qui retiennent fortement l'eau; par le dessèchement, elles se resserrent, deviennent brillantes, et prennent la couleur que l'indigo développe sous le brunissoir. Avant d'avoir été desséché, le sel bleu se dissout également dans les alcalis caustiques et dans les carbonates, en conservant sa couleur. L'acide muriatique le précipite en grande partie de ces dissolutions; la liqueur surnageante acide est brune.

On a distillé le sulfate bleu desséché, et on a reçu les produits dans l'ammoniaque : il s'est d'abord dégagé de l'eau, de l'oxide volatil qui s'est dissous dans l'ammo-

niaque en développant une couleur jaune, puis avec cet oxide a paru un sublimé bleu en quantité assez considérable, dont une bonne partie a été reçue par l'ammoniaque; enfin, après un rouge plein, il est resté de l'osmium avec un éclat métallique blanc-bleuâtre, qui conservait la forme des fragmens qu'on avait soumis à l'essai. La dissolution ammoniacale était d'un brun pourpré; par l'évaporation, elle est devenue brun foncé, et a fini par donner une masse saline de même couleur, qui paraissait être du sulfate de sesquioxidule. En traitant avant l'évaporation cette liqueur par le carbonate de soude, elle devient bleue après le dégagement de l'ammoniaque; et, lorsqu'on l'évapore, elle donne un résidu qui se redissout de nouveau dans l'eau.

Lorsque l'on chauffe le sulfate bleu dans le gaz hydrogène, il finit par donner un sublimé bleu, de l'acide sulfurique hydraté, de l'eau et de l'hydrogène sulfuré; il reste de l'osmium sulfuré, peut-être incomplètement saturé.

Lorsque l'on met dans la dissolution bleue acide du fer et de l'acide sulfurique ou muriatique en assez grande quantité pour produire un dégagement de gaz hydrogène suffisant, l'osmium se réduit; mais la couleur de la dissolution surnageante est d'un vert plus foncé que celui des dissolutions de fer, et l'osmium chauffé dans le gaz hydrogène, après avoir été bien lavé, donne de l'eau, une petite quantité de sublimé bleu et de l'hydrogène sulfuré, preuve que ce précipité n'est ni complètement métallique, ni complètement dépouillé d'acide sulfurique : même l'oxide bleu que l'on obtient en sursatu-

rant par le carbonate de soude l'acide du sulfate bleu, donne, après un lavage soigné, de l'hydrogène sulfuré quand on le chauffe dans le gaz hydrogène.

Lorsque l'osmium, qui renferme un peu de soufre, est chauffé dans le gaz oxigène, il produit, outre l'oxide volatil, un sublimé bleu, beaucoup moins volatil que le binoxide, et presque insoluble dans l'eau. C'est le sulfate bleu d'oxide d'osmium. Quand on chauffe dans une cornue un mélange de l'alliage d'osmium et d'iridium avec le sulfate acide de potasse, on obtient le même sublimé bleu; mais alors il renferme assez d'acide pour se dissoudre dans l'eau.

### *Sulfure d'osmium.*

On vient de voir la grande affinité que l'osmium possède pour l'acide sulfurique; celle qu'il a pour le soufre n'est pas moins remarquable. L'hydrogène sulfuré précipite toutes ses dissolutions, et même ses chlorures doubles. Les dissolutions des sels roses sont précipitées moins facilement que les autres, car le courant de gaz peut y passer long-temps sans produire de décomposition. Mais, lorsque l'on abandonne à elle-même, dans un flacon bouché, la dissolution saturée d'hydrogène sulfuré, un précipité brun jaunâtre de sulfure d'osmium finit par s'y produire. Lorsque la dissolution de sel rose se trouve mélangée d'autres sels, et très-étendue, elle peut, bien que saturée d'hydrogène sulfuré, demeurer plusieurs semaines sans changer de couleur. L'hydrogène sulfuré peut en être dégagé par l'évaporation, et le sel reste sans altération.

La dissolution du binoxide est instantanément précipitée par l'hydrogène sulfuré ; le précipité est d'une couleur noire tirant un peu sur le brun ; il ne se dépose que lorsqu'on verse dans la liqueur un peu d'acide. L'hydrogène sulfuré produit dans les chlorures doubles un précipité d'un jaune brun sombre, qui se dissout un peu dans l'eau avec une couleur jaune, ou jaune rougeâtre, tout comme le sulfure d'iridium. Il en résulte que le précipité n'est jamais complet. Le sulfure d'osmium, quand on évapore, se dissout comme le sulfure d'iridium, si la liqueur renferme de l'acide nitrique en liberté. Le sulfure desséché est complètement insoluble dans les alcalis et les carbonates alcalins ; il ne s'y dissout pas plus facilement que dans l'eau lorsqu'il est encore humide.

Lorsque l'on dessèche le précipité obtenu par la décomposition de l'oxide volatil et qu'on le chauffe dans un appareil distillatoire privé d'air, il se dégage du soufre ; à une certaine température le résidu montre une sorte d'incandescence, décrépite, et prend une couleur grise et un aspect métallique, sans qu'il y ait aucun dégagement de gaz.

Lorsque l'on chauffe dans l'hydrogène l'osmium débarrassé à un rouge faible de son excès de soufre, il se produit de l'hydrogène sulfuré, et le métal se réduit, mais très-lentement. L'osmium est placé à la limite des métaux dont les sulfures sont décomposés par l'hydrogène, et des métaux non réductibles par cet agent. Même après avoir chauffé le sulfure au rouge faible, pendant 3 à 4 heures, dans l'hydrogène, le gaz qui se dégage donne

encore, sur le papier imprégné d'acétate de plomb, des traces d'hydrogène sulfuré.

J'ai réduit par l'hydrogène une très-petite quantité de sulfure, que j'avais chauffé au rouge dans un espace privé d'air, et j'ai regardé l'opération comme terminée, lorsque j'ai vu que la matière, dans la dernière demi-heure, ne perdait plus sensiblement de son poids. $0^g,144$ ont perdu 0,041 de soufre, et laissé un résidu de métal pesant 0,103. Ce résultat montre qu'au rouge l'osmium retient plus de deux atomes de soufre, car il donne d'une manière aussi approchée qu'on peut l'attendre 2 atomes de radical et 5 de soufre, ce qui revient à la formule $OsS^2 + OsS^3$. On a, en effet, $\frac{103}{41} = \frac{1244}{495}$ et $2\frac{1}{2}$ atomes de soufre pesant 502,90.

Le sulfure, obtenu par la voie humide, se dissout dans l'acide nitrique aussi facilement que le sulfure d'iridium. Quand le sulfure est en excès, il se forme une dissolution brun verdâtre foncé : elle renferme du sulfate d'oxidule également soluble dans l'eau et l'alcool ; ni les alcalis, ni les carbonates alcalins ne le précipitent, et il forme avec eux, quand on évapore, une masse efflorescente brun verdâtre, qui à l'air demeure sèche. La saturation avec l'ammoniaque produit les mêmes phénomènes : mais, lorsque l'on distille la masse desséchée, il se dégage de l'ammoniaque, du sulfite d'ammoniaque et de l'eau, et il reste un résidu de sulfure avec un éclat métallique grisâtre. Lorsque l'on traite le sulfure d'osmium par l'acide nitrique en excès, et qu'on distille la liqueur, il se dégage de l'oxide volatil, et il reste dans la cornue une masse sirupeuse, d'un brun jaunâtre foncé, qui est le sulfate d'osmium. Il se dissout dans l'eau en dévelop-

pant une couleur jaune de rouille, semblable à celle des dissolutions de platine dans l'eau régale. La liqueur a une saveur astringente, qui n'est ni acide, ni métallique; elle rougit cependant le papier de tournesol. Elle précipite par les alcalis et blanchit un peu par l'acide sulfureux, mais elle ne se colore point en bleu; par le chlorure de barium elle donne un précipité jaune, comme les sulfates de platine et d'iridium. Ce caractère démontre l'existence d'une classe de sels oxigénés, auxquels on pourrait donner le nom de sels d'oxide d'osmium (*osmium oxid salze*).

Les essais que je viens de rapporter donnent de l'osmium une idée bien différente de celle qu'on s'en était formée jusqu'à présent. On doit ne les regarder cependant que comme une esquisse de l'histoire longue et difficile de ce métal et des autres associés au platine.

(*La fin au Cahier prochain.*)

---

## NOTE *sur la pesanteur spécifique des alliages, et leur point de fusion.*

PAR M^r A. TH. KUPFFER.

J'AI publié, il y a peu de temps, dans un journal allemand (1), un Mémoire sur la pesanteur spécifique des alliages de plomb et d'étain, dans lequel j'ai fait voir que ces alliages ont toujours une pesanteur spéci-

(1) Kastner's Archiv für die gesammte Naturlehre, t. VII, p. 331.

fique moindre que la pesanteur spécifique moyenne calculée (comme on le sait depuis long-temps), c'est-à-dire qu'ils se dilatent en se mêlant, et que la valeur de cette dilatation atteint un *minimum*, lorsqu'on les unit dans une proportion qui approche beaucoup de celle de deux atomes d'étain à un atome de plomb. Plus tard, j'ai trouvé que les amalgames d'étain éprouvent une contraction assez considérable, qui diminue toujours, en commençant par l'amalgame composé de deux atomes d'étain et d'un atome de mercure, et qui finit par devenir très-petite dans l'amalgame d'un atome d'étain à deux atomes de mercure : en augmentant le nombre des atomes de mercure, la contraction augmente de nouveau, de sorte que, dans l'amalgame d'un atome d'étain à trois atomes de mercure, la contraction est presque aussi grande que celle de l'amalgame composé d'un atome d'étain et d'un atome de mercure. Il était donc bien probable qu'entre les proportions d'un atome d'étain à deux atomes de mercure, et d'un atome d'étain à trois atomes de mercure, il se trouve un amalgame dans lequel la contraction est nulle ou presque nulle. En dirigeant mes recherches sur ce point, j'ai trouvé que les amalgame d'étain et de plomb jouissent effectivement de cette propriété, c'est-à-dire, que ces substances peuvent toujours être combinées en telle proportion, qu'il n'y ait ni contraction, ni expansion, ou qu'il y en ait à peine ; et qu'alors les proportions de leurs élémens sont à leurs pesanteurs spécifiques dans un rapport très-simple.

La balance dont je me suis servi dans ces expériences a été construite par M. Fortin. Elle est de grandeur moyenne ; chargée de 100 gr. dans chaque

plateau, l'aiguille fait vingt oscillations en 3'.19",2 ; chargée de 500 gr., elle exécute le même nombre d'oscillations en 5'.39",2. On voit que cette balance est d'autant plus sensible, qu'elle est plus chargée, ce qui doit toujours arriver, si le point d'appui et les points de suspension des deux plateaux sont exactement sur la même ligne droite, et si le frottement n'est pas trop considérable. J'ai toujours employé la méthode des doubles pesées, inventée par Borda, et décrite dans le *Traité de physique* de M. Biot : en opérant avec beaucoup de précaution, on est toujours sûr de deux ou trois milligrammes sur un poids de deux à trois cents grammes ; mais la moindre secousse peut produire, à cette charge, une erreur d'un centigramme, si l'on dérange tant soit peu le point de suspension du plateau. Il est donc absolument nécessaire de répéter chaque pesée trois ou quatre fois, et d'agir avec la plus grande précaution.

Après avoir déterminé le poids du corps dont il s'agissait de trouver la pesanteur spécifique, je le fis bouillir avec de l'eau distillée, pour chasser complètement l'air qui pouvait se trouver dans ses pores, et je l'introduisis dans un petit matras de verre rempli d'eau, dont l'ouverture était fermée par une petite plaque de verre, qui avait été usée avec de l'émeri sur les bords du matras, et s'y adaptait si bien, qu'elle interceptait même le passage de l'air. Le poids du matras rempli d'eau étant connu, il est aisé de trouver la pesanteur spécifique du corps par le poids du corps et par le poids du matras, après y avoir introduit le corps et avoir achevé de le remplir d'eau.

Je me suis servi successivement de deux matras, dont le premier pesait, avec son couvercle, 55g,000, et le second 45g,126. Lorsqu'ils étaient remplis d'eau distillée et bouillie préalablement, ils pesaient, le premier 93g,493 à 18° c., et le second 82,550 à 19° ½. Quoique, par le travail de M. Hallstroem (voyez ces Annales, janvier 1825)), la dilatation apparente de l'eau nous soit suffisamment connue, j'ai encore déterminé le poids des deux matras remplis d'eau à d'autres températures : on verra combien les écarts du calcul et de l'observation sont petits.

Premier matras.

| Temp. de l'eau. | Poids observé du matras. | Poids calculé d'après la formule de M. Hallestroem. | Temp. de l'eau. | Poids observé du matras. | Poids calculé. |
|---|---|---|---|---|---|
| c. | | | c. | | |
| 7 | 93,534 | 93,530 | 19 | 93,485 | 93,4870 |
| 14 ½ | 510 | 5107 | 20 ¾ | 476 | 4754 |
| 16 | 503 | 5038 | 21 | 473 | 4737 |
| 17 ½ | 496 | 4953 | 26 ½ | 429 | 4290 |
| 18 | 493 | 4930 | 28 | 416 | 4158 |
| 18 ½ | 489 | 4900 | 35 | 334 | 3363 |

Second matras.

| Température de l'eau. | Poids observé du matras. | Poids calculé. |
|---|---|---|
| c. | | |
| 19° ½ | 82,550 | 82,550 |
| 26 | 502 | 501 |
| 28 | 482 | 483 |

Les métaux ont été fondus dans une cuiller de fer ; bien mêlés et versés dans des formes de fer, de sorte que toutes les parties oxidées restassent dans la cuiller. Tous les poids ont été réduits au vide, sans cependant avoir égard aux variations de la température, de la pression ou de l'état hygrométrique de l'atmosphère ; j'ai toujours pris la pesanteur spécifique de l'air égale à 0,0012, celle de l'eau supposée égale à celle de l'unité ; c'est ce que j'ai appelé dans les tableaux suivans « correction du poids » ; elle est toujours additive. On a pris pour unité la pesantenr spécifique de l'eau à 4°,1 c. ou à son *maximum* de densité ; les réductions des observations faites à des températures différentes, ont été calculées d'après la table que M. Hallström a donnée dans le Mémoire cité.

## I. *Alliages de plomb et d'étain.*

Les métaux ont été combinés dans la proportion simple ou multiple des poids de leurs atomes, parce que je croyais, au commencement de mon travail, qu'il devait exister une relation simple entre la dilatation de ces alliages et leur composition arithmétique.

Plomb.

| Nos. | Poids du plomb dans l'air. | Correction du poids. | Poids du matras avec eau et plomb. | Temp. de l'eau. | Poids du matras rempli d'eau. | Pesanteur spécifique. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 172g,099 | 0,018 | 250,440 | 17° | 93,4986 | 11,3303 |
| 2 | 178 ,068 | 0,018 | 255,883 | 17 | 93,4986 | 11,3303 |
| 3 | 143 ,567 | 0,015 | 224,427 | 15 | 93,5085 | 11,3299 |
| 4 | 77 ,130 | 0,008 | 163,849 | 14 | 93,5129 | 11,3338 |

Etain.

| Nos. | Poids du métal dans l'air. | Correction. | Poids du matras avec eau et métal. | Temp. de l'eau. | Poids du matras rempli d'eau. | Pesanteur spécifique. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 106,223 | 0,017 | 185,179 | 18 | 93,4930 | 7,2914 |
| 2 | ....... | ...... | 185,176 | 18 ½ | 93,4900 | 7,2904 |
| 3 | 108,115 | 0,0175 | 186,818 | 17 | 93,4986 | 7,2923 |
| 4 | ...... | ...... | 186,820 | 16 ½ | 93,5012 | 7,2926 |
| 5 | 98,123 | 0,016 | 178,194 | 15 ½ | 93,5062 | 7,2901 |
| 6 | ....... | ...... | 178,192 | 16 ¼ | 93,5025 | 7,2902 |

Alliage d'un atome de plomb à un atome d'étain, ou *Sn Pb.*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 133,865 ½ | 0,017 | 213,203 | 15 | 93,5085 | 9,4294 |
| 2 | 81,190 | 0,0103 | 166,100 | 15 ¼ | 93,5073 | 9,4263 |
| 3 | 87,174 | 0,011 | 171,422 | 21 | 93,4737 | 9,4225 |
| 4 | 147,425 | 0,019 | 225,314 | 17 ¼ | 93,4972 | 9,4251 |
| 5 | ....... | ...... | 225,318 | 16 ½ | 93,5012 | 9,4261 |

Alliage d'un atome d'étain à deux atomes de plomb; $Pb^2$ *Sn.*

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 82,550 | 0,010 | 167,866 | 19° | 93,4870 | 10,0780 |
| 2 | ....... | .... | 167,884 | 14 ½ | 93,5107 | 10,0779 |
| 3 | 127,936 | 0,0152 | 208,775 | 15 ½ | 93,5062 | 10,0807 |
| 4 | 131,593 | 0,0157 | 212,065 | 15 | 93,5085 | 10,0758 |

Alliage d'un atome d'étain à trois atomes de plomb; *Sn* $Pb^3$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 158,562 | 0,018 | 236,830 | 16 | 93,5038 | 10,3870 |
| 2 | ....... | ..... | 236,828 | 16 ½ | 93,5012 | 10,3867 |

Alliage d'un atome d'étain à quatre atomes de plomb; *Sn* $Pb^4$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 141,463 | 0,185 | 221,585 | 18 ½ | 93,4900 | 10,5555 |
| 2 | ....... | ..... | 221,582 | 19 | 93,4870 | 10.5547 |

Alliage de deux atomes d'étain et d'un atome de plomb ;
$Sn^2 Pb$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 121,647 | 0,0167 | 201,267 | 16 ½ | 93,5013 | 8,7457 |
| 2 | 121,4985 | 0,0155 | 193,155 | 18 ¼ | 93,4915 | 8,7450 |

Alliage de trois atomes d'étain et d'un atome de plomb ;
$Sn^3 Pb$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 102,318 | 0,0146 | 183,655 | 15 | 93,5085 | 8,3917 |
| 2 | 72,005 | 0,010 | 156,948 | 15 | 93,5085 | 8,3916 |
| 3 | ....... | ..... | 156,945 | 15 ½ | 93,5061 | 8,3904 |

Alliage de quatre atomes d'étain et d'un atome de plomb ;
$Sn^4 Pb$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 103,893 | 0,015 | 184,695 | 20 | 93,4805 | 8,1733 |
| 2 | ....... | ..... | 184,692 | 20 ½ | 93,4771 | 8,1727 |

Alliage de cinq atomes d'étain et d'un atome de plomb ;
$Sn^5 Pb$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 126,710 | 0,019 | 204,455 | 18 | 93,4930 | 8,0279 |

Alliage de six atomes d'étain et d'un atome de plomb ; $Sn^6 Pb$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 94,237 | 0,014 | 175,860 | 17 ¾ | 93,4944 | 7,9209 |
| 2 | ...... | ..... | 175,863 | 17 | 93,4986 | 7,9210 |

*N. B.* Les poids d'atomes ont été pris dans la table de M. Berzelius.

Les observations, combinées d'après la méthode la plus avantageuse, donnent les résultats suivans :

| | Pesanteur spécifique observée. | Pesanteur spécifique calculée. | Différence. | | Pesant. spécifiq. observée. | Pesant. spécifiq. calculée. | Diffé |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Plomb... | 11,3303 | | | $Sn^2\,Pb$.. | 8,7454 | 8,7518 | 0,00 |
| Etain.... | 7,2911 | | | $Sn^3\,Pb$.. | 8,3914 | 8,3983 | 0,00 |
| $Sn\,Pb$... | 9,4263 | 9,4366 | 0,0103 | $Sn^4\,Pb$.. | 8,1730 | 8,1826 | 0,00 |
| $Sn\,Pb^2$.. | 10,0782 | 10,0936 | 0,0154 | $Sn^5\,Pb$.. | 8,0279 | 8,0372 | 0,00 |
| $Sn\,Pb^3$.. | 10,3868 | 10,4122 | 0,0254 | $Sn^6\,Pb$.. | 7,9210 | 7,9326 | 0,01 |
| $Sn\,Pb^4$.. | 10,5551 | 10,6002 | 0,0431 | | | | |

Ce tableau fait voir que l'étain et le plomb se dilatent en se mêlant. Cette dilatation augmente à partir des alliages $Sn^2\,Pb$ et $Sn^3\,Pb$; et s'il existe un point où la dilatation soit nulle, il doit se trouver entre ces deux alliages. J'ai essayé d'allier ces deux métaux dans la proportion d'un volume deplomb à deux volumes d'étain; cet alliage tombe à peu près au milieu entre $Sn^2\,Pb$ et $Sn^3\,Pb$. Voici le résultat de cette expérience.

Alliage d'un volume de plomb à deux volumes d'étain.

| Nos. | Poids de l'alliage dans l'air. | Correction. | Poids du matras avec eau et alliage. | Temp. de l'eau. | Poids du matras rempli d'eau. | Pesanteur spécifique. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 141,973 | 0,020 | 208,135 | 16 ½ | 82,569 | 8,6375 |
| 2 | ....... | ..... | 208,137 | 16 | 82,5715 | 8,6361 |
| 3 | ....... | ..... | 208,137 | 17 | 82,564 | 8,6387 |
| 4 | ....... | ..... | 208,132 | 17 | 82,564 | 8,6361 |
| | | | | | Moy... | 8,6371 |

La pesanteur spécifique calculée de cet alliage est 8,6375 ; il n'y a donc ni contraction, ni dilatation.

## II. *Amalgame d'étain.*

Nous avons jusqu'ici négligé la dilatation des métaux par la chaleur, qui est extrêmement petite, et peut être comptée pour rien, si la température à laquelle on observe, ne varie que de quelques degrés, comme dans les expériences précédentes. Mais le mercure se dilate de 0,018 depuis 0° jusqu'à 100° c.; il faut donc tout réduire à la même température. J'ai, premièrement, calculé la pesanteur spécifique du mercure et de l'étain à la température de 26°, à laquelle je me proposais de travailler, et qui était, terme moyen, la température de ma chambre (en été, au milieu du jour). La dilatation (cubique) de l'étain est de 0,0065 ; sa pesanteur spécifique 7,2911 à 17°, comme nous l'avons trouvée tout à l'heure. D'après ces données, il était facile de calculer la pesanteur spécifique d'un alliage quelconque à la température de 26° ; le résultat du calcul pouvait alors être comparé avec la pesanteur spécifique de l'alliage observée à la même température.

J'ai déterminé de nouveau la pesanteur spécifique du mercure, quoiqu'elle soit connue suffisamment ; j'ai employé la même méthode, c'est-à-dire, j'ai rempli de mercure les deux tiers de mon matras de verre, j'ai achevé de le remplir avec de l'eau, après l'avoir fait bouillir pendant quelque temps avec cette eau. La pesanteur spécifique du mercure a été trouvée de cette manière égale à 13,5886, en la rapportant à celle de

l'eau au *maximum* de densité. A 26°, elle est 13,5350, et celle de l'étain 7,2868.

Amalgame d'un atome de mercure à un atome d'étain ; *Hg Sn.*

| N | Poids de l'amalgame dans l'air. | Correction du poids. | Poids du matras avec amalgame et eau. | Temp. c. | Poids du matras seul, rempli d'eau. | Pesanteur spécifique, calculée par ces données. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 190,777 | 0,022 | 265,830 | 28° | 93,4148 | 10,3431 |
| 2 | ....... | . . . | 265,840 | 26 | 93,4333 | 10,3438 |
| | | | | | Moyenne... | 10,3435 à 27° c. |

La dilatation de cet amalgame par la chaleur, calculée comme si chaque métal avait conservé sa dilatation propre, après le mélange, est de 1,000122 pour chaque degré centésimal ; nous pouvons nous servir de cette donnée, quoiqu'elle ne soit confirmée par aucune expérience, pour calculer la pesanteur spécifique de l'amalgame à 26° c., par celle à 27° que nous avons déduite des deux observations précédentes, et on la trouve égale à 10,3447.

Amalgame de deux atomes de mercure à un atome d'étain ; $Hg^2 Sn$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 218,732 | 0,024 | 293,010 | 26° ½ | 93,4290 | 11,3739 |
| 2 | ....... | ..... | 293,014 | 26 | 93,4333 | 11,3751 |
| 3 | 194,225 | 0,021 | 259,670 | 34 | 82,4186 | 11,3694 |
| 4 | ...... | ..... | 259,707 | 30 | 82,4626 | 11,3794 |
| 5 | ...... | ..... | 259,730 | 26 | 82,501 | 11,3820 |
| 6 | ...... | ..... | 259,740 | 24 | 82,5178 | 11,3829 |
| 7 | ...... | ..... | 259,770 | 20 | 82,547 | 11,3932 |
| 8 | ...... | ..... | 259,778 | 18 | 82,559 | 11,3945 |

Les observations n$^{os}$ 3 — 8 embrassent un assez grand nombre de degrés de température, pour que l'on puisse en déduire la dilatation de l'amalgame par la chaleur. Soit $S$ la pesanteur spécifique de l'alliage à 4° c., ou à la température du *maximum* de densité de l'eau ; soit $x$ sa dilatation pour chaque degré centésimal ; soit enfin $S'$ la pesanteur de l'alliage observée à la température $t$ ; nous aurons, en supposant la dilatation de l'alliage uniforme :

$$S'(1+x(t-4))=S, \text{ ou } S'+S'x(t-4)-S=0;$$

en substituant dans cette équation pour $S'$ et $t$ leurs valeurs observées, et données dans le tableau précédent, on formera six équations, dont chacune contient les deux grandeurs inconnues, c'est-à-dire, $x$ et $S$, qui peuvent être déterminées avec beaucoup de précision en combinant ces six équations selon la méthode des moidres carrés. On trouve de cette manière $S=11,4153$, $x=0,0001313$ ; et par conséquent la pesanteur spécifique de l'alliage à 26° c. égale à 11,3824. La dilatation de l'alliage calculée dans la supposition que chaque métal conserve la même dilatation qu'il avait avant le mélange, est 0,000139.

La combinaison des deux premières observations donne 11,3748 pour la pesanteur spécifique de l'amalgame à 26°. Comme ce résultat est au moins trois fois moins exact que le précédent, on ne peut le faire entrer que pour un neuvième dans le résultat général ; et c'est donc à 11,3816 qu'il faut évaluer la pesanteur spécifique de l'amalgame composé de deux atomes de mercure et d'un atome d'étain.

Amalgame de deux atomes d'étain et d'un atome de mercure.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 123,272 | 0,016 | 203,510 | 29 | 93,4044 | 9,3177 |
| 2 | ....... | ..... | 203,518 | 27 ½ | 93,4195 | 9,3167 |
| 3 | ....... | ..... | 203,508 | 28 ½ | 93,4096 | 9,3140 |
| 4 | 47,715 | 0,006 | 136,030 | 28 ½ | 93,4096 | 9,3225 |
| 5 | ....... | ..... | 136,040 | 27 ½ | 93,4195 | 9,3253 |
| 6 | ....... | ..... | 136,052 | 25 ½ | 93,4378 | 9,3187 |

Le résultat le plus exact de ces observations est 9,3167 à 27° $\frac{5}{6}$.

La dilatation (calculée) de cet amalgame est 0,000103 pour chaque degré centésimal ; 9,3185 sa pesanteur spécifique à 26°.

Amalgame de trois atomes d'étain et d'un atome de mercure.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 133,782 | 0,017 | 201,175 | 26° | 82,501 | 8,8206 |
| 2 | ....... | ..... | 201,192 | 24 | 82,5178 | 8,8251 |
| 3 | ....... | ..... | 201,242 | 13 | 82,574 | 8,8331 |

De là on tire, par la même méthode que nous avons déjà employée, $S=8,8412$, $x=0,0000998$, et la pesanteur spécifique de l'amalgame à 26° est 8,8218.

Nous formerons de tous ces résultats le tableau suivant, dans lequel la pesanteur spécifique, calculée par la formule $\frac{(P+P_1)SS_1}{PS_1+P_1S}$ (ou $P$, $P_1$ désignent les poids, et $S$, $S_1$ les pesanteurs spécifiques des métaux qu'on a alliés), a été également indiquée.

à 26° c.

| | | Pesanteur spécifique observée. | Pesant. spécifique calculée. | Rapport de ces deux grandeurs. |
|---|---|---|---|---|
| Amalgame de trois atomes d'étain à un atome de mercure......... | $Sn^3\,Hg$ — | 8.8218 | 8,7635 | 1,006632 |
| Amalgame de deux atomes d'étain à un atome de mercure........ | $Sn^2\,Hg$ — | 9,3185 | 9,2658 | 1,005685 |
| Amalgame d'un atome d'étain à un atome de mercure............ | $Sn\,Hg$ — | 10,3447 | 10,2946 | 1,004865 |
| Amalgame d'un atome d'étain à deux atomes de mercure........ | $Sn\,Hg^2$ — | 11,3816 | 11,3480 | 1,002960 |

Les observations suivantes n'ont pas été faites sur des quantités de métal proportionnelles aux poids de leurs atomes, mais proportionnelles à leurs pesanteurs spécifiques.

Amalgame composé de deux volumes de mercure sur un volume d'étain, à 17° c.

*N. B.* Les poids de mercure et d'étain, qu'on a amalgamés, ont toujours été réduits au vide, et pris tels, qu'à la température de 17° c., leurs volumes étaient dans le rapport indiqué.

Iʳᵉ SÉRIE.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 275,086 | 0,029 | 333,708 | 16° | 82,570 | 11,4641 |
| 2 | ....... | ..... | 333,720 | $13\frac{3}{4}$ | 82,580 | 11,4684 |
| 3 | ....... | ..... | 333,732 | $10\frac{1}{2}$ | 82,590 | 11,4731 |
| 4 | ....... | ..... | 333,744 | 7 | 82,596 | 11,4783 |

2me SÉRIE.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 275,086 | 0,029 | 333,515 | 45° | 82,268 | 11,4154 |
| 6 | ........ | ..... | 333,580 | 37 | 82,382 | 11,4297 |
| 7 | ........ | ..... | 333,641 | 29 | 82,473 | 11,4458 |
| 8 | ........ | ..... | 333,680 | 21 ½ | 82,537 | 11,4553 |
| 9 | ........ | ..... | 333,710 | 17 | 82,564 | 11,4663 |
| 10 | ........ | ..... | 333,715 | 16 | 82,567 | 11,4680 |
| 11 | ........ | ..... | 333,746 | 7 | 82,596 | 11,4793 |

Les quatre premières observations, combinées suivant la méthode la plus avantageuse, donnent $x=0,00014378$ et $S=11,4841$ ; et par conséquent 11,4627 pour la pesanteur spécifique de l'amalgame à 17° c. Les sept dernières donnent $x=1,0001499$ et $S=11,4868$ ; d'où résulte 11,4645 pour la pesanteur spécifique de l'amalgame à 17°.

En rejetant les observations nos 5 et 6, qui s'écartent un peu trop du résultat moyen, on trouve $x=0,00014055$, $S=11,4856$, et la pesanteur spécifique de l'alliage à 17° égale à 11,4647.

Amalgame composé de trois volumes de mercure sur un volume d'étain à 17°.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 237,827 | 0,024 | 300,462 | 45 | 82,268 | 11,9835 |
| 2 | ........ | ... | 300,508 | 40 | 82,342 | 11,9949 |
| 3 | ........ | .... | 300,529 | 37 | 82,382 | 11,9947 |
| 4 | ........ | .... | 300,552 | 34 | 82,419 | 11,9988 |
| 5 | ........ | .... | 300,592 | 29 | 82,473 | 12,0093 |
| 6 | ........ | .... | 300,614 | 24 ½ | 82,514 | 12,0121 |
| 7 | ........ | .... | 300,647 | 18 ½ | 82,557 | 12,0211 |
| 8 | ........ | .... | 300,666 | 15 | 82,574 | 12,0288 |
| 9 | ........ | .... | 300,681 | 11 | 82,588 | 12,0346 |
| 10 | ........ | .... | 300,692 | 10 | 82,591 | 12,0405 |
| 11 | ........ | .... | 300,698 | 4 | 82,597 | 12,0431 |
| 12 | ........ | .... | 300,706 | 2 | 82,595 | 12,0489 |

Ces observations, combinées selon la méthode la plus avantageuse, donnent $S=12,0452$, $x=0,0001245$, et la pesanteur spécifique de l'amalgame à 17° c. égale à 12,0257.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 173,627 | 0,020 | 239,444 | 45 | 82,268 | 10,44100 |
| 2 | ....... | ..... | 239,518 | 37 | 82,382 | 10,45017 |
| 3 | ....... | ..... | 239,572 | 29 | 82,473 | 10,45457 |
| 4 | ....... | ..... | 239,612 | 22 | 82,533 | 10,46042 |
| 5 | ....... | ..... | 239,642 | 18 | 82,559 | 10,47096 |
| 6 | ....... | ..... | 239,648 | 16 ¾ | 82,566 | 10,47244 |
| 7 | ....... | ..... | 239,675 | 16 ½ | 82,567 | 10,47285 |
| 8 | ....... | ..... | 239,689 | 7 | 82,596 | 10,48907 |
| 9 | ....... | ..... | 239,675 | 12 | 82,586 | 10,48249 |

On trouve ici, par la méthode que nous avons toujours employée, $x=0,000119576$ et $S=10,48923$; ce qui donne 10,4729 pour la pesanteur spécifique de cet alliage à 17°.

Nous avons donc, par les expériences précédentes :

| | Pesanteur spécifique observée. | Pesant. spécifique calculée. | Rapport de ces deux grandeurs. |
|---|---|---|---|
| Alliage d'un volume de mercure, sur un volume d'étain, à 17°.................... | 10,4729 | 10,4240 | 1,00469 |
| Amalgame d'un vol. d'étain, sur deux vol. de mercure.... | 11,4646 | 11,4683 | |
| Amalgame d'un vol. d'étain à trois vol. de mercure...... | 12,0257 | 11,9905 | 1,00294 |

La pesanteur spécifique de l'étain, à 17°, est 7,2911, et celle du mercure, à la même température, 13,5569.

Ces observations prouvent que l'étain et le mercure éprouvent en général une contraction considérable en s'amalgamant; mais cette contraction est nulle, lorsqu'on allie un volume d'étain à deux volumes de mer-

cure; car la petite différence entre le résultat de l'observation et du calcul qu'on remarque dans le tableau précédent, peut être comptée pour rien.

## III. *Amalgame de plomb.*

Amalgame d'un volume de plomb sur quatre volumes de mercure.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 284,729 | 0,026 | 345,697 | 18° ½ | 82,556 | 13,15777 |
| 2 | ....... | ..... | 345,708 | 15 ½ | 82,572 | 13,16092 |
| 3 | ....... | ..... | 345,728 | 11 ½ | 82,587 | 13,17005 |
| 4 | ....... | ..... | 345,752 | 1 | 82,594 | 13,18412 |
| 5 | ....... | ..... | 345,748 | 2 ½ | 82,596 | 13,18103 |
| 6 | ....... | ..... | 345,744 | 7 | 82,596 | 13,17800 |
| 7 | ....... | ..... | 345,718 | 12 ½ | 82,587 | 13,16267 |
| 8 | ....... | ..... | 345,715 | 13 | 82,583 | 13,16260 |
| 9 | ....... | ..... | 345,674 | 23 ½ | 82,522 | 13,15115 |
| 10 | ....... | ..... | 345,640 | 29 | 82,473 | 13,14145 |
| 11 | ....... | ..... | 345,598 | 34 | 82,419 | 13,12793 |
| 12 | ....... | ..... | 345,503 | 45 | 82,268 | 13,10460 |

Les observations donnent $x=0{,}00013291$, $S=13{,}18085$ et la pesanteur spécifique de l'amalgame à 17° égale à 13,1581.

Amalgame d'un volume de plomb sur trois volumes de mercure à 17°.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 290,727 | 0,027 | 350,865 | 43 | 82,299 | 12,98931 |
| 2 | ....... | ..... | 350,924 | 37 | 82,382 | 13,00670 |
| 3 | ....... | ..... | 350,942 | 34 | 82,419 | 13,00965 |
| 4 | ....... | ..... | 350,982 | 28 | 82,483 | 13,01985 |
| 5 | ....... | ..... | 351,004 | 25 | 82,610 | 13,02722 |
| 6 | ....... | ..... | 351,042 | 18 | 82,559 | 13,03976 |
| 7 | ....... | ..... | 351,092 | 7 | 82,596 | 13,06208 |
| 8 | ....... | ..... | 351,038 | 19 | 82,555 | 13,03750 |

On trouve, par ces observations, $x=0{,}00012884$,

$S = 13,06152$, et la pesanteur spécifique de l'amalgame à 17°, égale à 13,0397.

Amalgame composé d'un volume de plomb sur deux volumes de mercure.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 276,438 | 0,026 | 337,430 | 37° | 82,382 | 12,82713 |
| 2 | ....... | .... | 337,460 | 34 | 82,419 | 12,83672 |
| 3 | ....... | ..... | 337,490 | 30 | 82,463 | 12,84490 |
| 4 | ....... | ..... | 337,515 | 26 | 82,501 | 12,85150 |
| 5 | ....... | ..... | 337,542 | 22 | 82,533 | 12,86061 |
| 6 | ....... | ..... | 337,562 | 17 | 82,564 | 12,86601 |
| 7 | ....... | ..... | 337,580 | 12 | 82,586 | 12,87175 |

On trouve, par ces données, $x = 0,00012515$, $S = 12,8857$, et la pesanteur spécifique de l'amalgame à 17°, égale à 12,8648.

J'ai réuni ces résultats dans le tableau suivant :

| | Pesanteur spécifique observée. | Pesant. spécifique calculée. | Rapport de ces grandeurs. |
|---|---|---|---|
| Amalgame composé d'un volume de plomb sur quatre volumes de mercure.......... | 13,1581 | 13,1116 | 1,00355 |
| Amalgame composé d'un volume de plomb sur trois volumes de mercure.......... | 13,0397 | 13,0003 | 1,00303 |
| Amalgame composé d'un volume de plomb sur deux volumes de mercure......... | 12,8648 | 12,8147 | 1,00392 |

C'est donc ici l'amalgame composé d'un volume de plomb sur trois de mercure qui éprouve la moindre contraction.

Un autre résultat curieux, qu'il est facile de tirer de ces observations, est que la dilatation de tous ces amalgames par la chaleur est plus petite que celle qu'on trouve par

le calcul, en supposant que chaque métal conserve la dilatation qui lui est propre; il est donc prouvé que le rapprochement des molécules augmente la résistance que leur attraction mutuelle oppose à l'effet de la chaleur.

En refondant les alliages d'étain et de plomb qui avaient servi aux expériences précédentes, j'ai eu occasion d'observer leurs points de fusion, et voici ce que j'ai trouvé :

| | Point de fusion. | | Point de fusion. | | Point de fusion. |
|---|---|---|---|---|---|
| Plomb. | 334° c. | $Sn^3 Pb$. | 186 c. | Alliage d'un vol. de plomb sur deux vol. d'étain..... | 194 |
| Etain. | 230 | $Sn^2 Pb$. | 196 | | |
| $Sn^5 Pb$. | 194 | $Sn Pb$. | 241 | | |
| $Sn^4 Pb$. | 189 | $Sn Pb^3$. | 289 | | |

Ces températures ont été déterminées au moyen d'une petite boule thermométrique, terminée par un tube capillaire très-court et remplie de mercure à une température déterminée (par exemple, celle de la glace fondante); cette boule fut plongée dans l'alliage fondant, et, après qu'on eut enlevé le mercure qui s'était échappé, pesée exactement. Les résultats de ces pesées furent calculés d'après les expériences de M. Dulong, et donnèrent par conséquent les températures immédiatement en degrés du thermomètre à air.

---

## Sur *la Liqueur fumante de* Boyle.

### Par M. Gay-Lussac.

Ce produit, que l'on obtient en distillant un mélange de parties égales de sel ammoniac et de chaux, et de une demi-partie de soufre, me paraît assez bien connu

dans sa composition ; mais les circonstances de sa formation laissent quelque chose à désirer. M. Thénard admet que, pendant sa préparation, il ne se dégage pas d'azote; qu'il se forme du chlorure de calcium et de l'hyposulfite de chaux, et que c'est l'hydrogène de l'acide hydrochlorique du sel ammoniac qui produit, avec le soufre, de l'acide hydrosulfurique. D'une autre part, M. Vauquelin n'a pu obtenir de liqueur fumante de Boyle, en remplaçant le sel ammoniac, par le sulfate d'ammoniaque, ou tout autre sel ammoniacal. Voulant connaître par moi-même ce qui se passe dans la préparation de cette liqueur, j'ai commencé par répéter les expériences qu'on avait faites. J'ai employé de la chaux anhydre, et j'ai constaté qu'il ne se produit pas la moindre quantité d'azote pendant la formation de la liqueur fumante. Il s'est dégagé d'abord de l'ammoniaque pure, puis de l'hydrosulfate d'ammoniaque en cristaux blancs, mais qui ont fini par se fondre dans la liqueur fumante. Le résidu, dans la cornue, ne m'a offert que du chlorure et du sulfure de calcium, et du sulfate de chaux, mais pas la moindre trace d'hyposulfite ou de sulfite de chaux; ce qui ne surprendra point, si l'on fait attention que la chaleur, dans cette opération, est toujours portée, au moins, au rouge obscur, et qu'à cette température les hyposulfites et les sulfites seraient complètement décomposés et changés en sulfates et en sulfures. Il est d'ailleurs incontestable que l'ammoniaque n'a pas fourni l'hydrogène de l'acide hydrosulfurique. Il eût été possible, cependant, que l'ammoniaque eût été décomposée, et qu'il se fût formé un azoture de calcium; mais je n'ai pu en constater la formation.

L'hydrogène pouvait provenir de l'acide hydrochlorique ou de l'eau qui se forme par la réunion de l'acide hydrochlorique avec la chaux; mais il est bien plus naturel de l'attribuer à l'acide hydrochlorique, parce qu'on ne saurait admettre que dans la sphère d'action d'une même molécule, l'eau se forme d'abord pour se décomposer aussitôt après. Cependant ce liquide concourt aussi à la production de l'acide hydrosulfurique, comme on va le voir.

En remplaçant le sel ammoniac par le sulfate ou par le phosphate d'ammoniaque, on obtient encore de la liqueur fumante de Boyle, sans dégagement d'azote; et ici il faut évidemment que l'hydrogène de l'acide hydrosulfurique ait été pris à l'eau. Mais, pour en avoir une preuve plus directe, j'ai préparé du sulfure de calcium auquel j'ai ensuite ajouté du soufre et de l'eau, et je l'ai soumis à l'action de la chaleur. Il s'est dégagé abondamment de l'acide hydrosulfurique. J'ai obtenu le même résultat en chauffant du sulfure de barium humecté, sans addition de soufre; ou mieux, en faisant passer de la vapeur d'eau sur le sulfure chauffé au rouge, parce que le sulfure contient trois proportions de soufre; mais avec le sulfure de calcium, qui n'en contient qu'une, l'addition de soufre est indispensable. Sans cette addition, l'eau n'est pas décomposée; il faut le concours d'une double affinité.

Il résulte de ces observations que, dans la préparation de la liqueur fumante de Boyle, une partie de l'acide hydrosulfurique est, sans aucun doute, produite par l'hydrogène de l'acide hydrochlorique du sel ammoniac, mais que l'eau formée d'abord par la combinaison de ce

lernier acide avec la chaux, à une basse température, peut ensuite, en partie, réagir sur le mélange de soufre et de sulfure de calcium, et produire du sulfate de chaux et de l'acide hydrosulfurique. Il résulte encore de ces mêmes observations, que l'on peut remplacer le sel ammoniac par un autre sel d'ammoniaque, pourvu qu'il soit hydraté, ou pourvu, s'il ne l'était pas, que l'on fasse intervenir l'action de l'eau.

---

## ANALYSE *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

### *Séance du lundi 2 mars 1829.*

*Pièces manuscrites :* Tableaux propres à l'enseignement de l'arithmétique, par M. Fabret; Nouvelles observations sur un encollage qui permettra aux tisserands de travailler dans toutes sortes d'appartemens, par M. Dubuc; Sur une boussole à réflexion portative, propre à observer les variations diurnes de l'aiguille horizontale, par M. Babinet; Paquet cacheté, du même physicien.

M. Dumeril, au nom d'une commission, rend un compte favorable du Mémoire présenté par MM. Villermé et Milne Edwards, concernant l'influence que la température exerce sur la mortalité des enfans nouveau nés.

M. Mirbel, au nom d'une commission, fait un rapport peu avantageux sur les nouveaux procédés de dessin

inventés par M. d'Aiguebelle, et qu'il appelle *homographie*.

Les commissaires, nommés au scrutin qui présenteront des candidats pour la place d'associé étranger, que la mort de M. Wollaston a laissée vacante, sont MM. Cuvier, Fourier, Poinsot, Gay-Lussac, Thenard et Desfontaines.

M. Cagnard-Latour lit un Mémoire concernant l'action que les acides exercent sur le carbone.

M. Jobert lit une Dissertation sur une mâchoire inférieure d'antracotherium, découverte sur la rive droite de l'Allier, dans le département du Puy-de-Dôme.

M. Poisson présente une Note relative aux racines imaginaires des équations transcendantes.

*Séance du lundi 9 mars.*

*Pièces manuscrites :* Lettre du Dr Cottereau sur les effets avantageux qu'il a obtenus de l'emploi du chlore gazeux dans le traitement de la phthisie; Description d'un instrument ou kiotome articulé propre à la résection des amygdales, par M. Deleau; Considérations sur le véritable croup et sur les moyens qui peuvent lui être opposés avec quelque succès, lorsqu'il est parvenu à son plus haut période, par M. Bertonneau; Sur un nouveau mode de broiement de la pierre, par M. Heurteloup; Dépôt cacheté d'instrumens nouveaux de chirurgie, par M. Tanchou; Lettre de M. Le Gigant, tendant à obtenir une décision de l'Académie, concernant la nature des pierres fines dont il est possesseur; Lettre de M. Babinet sur la méthode qu'il a suivie dans la détermination de l'intensité de magnétisme terrestre à Paris.

M. Fourier présente, pour être insérée dans la collection des Mémoires, une nouvelle Note relative aux racines imaginaires des équations transcendantes.

M. Héricart de Thury donne de nouveaux détails sur les puits artésiens, forés par MM. Flachat à la gare de Saint-Ouen. L'eau d'un de ces puits jaillit à $2^m,50$ au-dessus du sol, et fournit 120 mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures.

M. Cuvier, au nom d'une commission, rend le compte le plus avantageux des travaux que M. Reynaud, chirurgien major de la Chevrette, a exécutés pendant la campagne de ce bâtiment dans l'Inde.

M. Pouillet donne lecture d'un Mémoire relatif à la mesure des hautes températures en degrés du thermomètre à air.

M. Rozet lit une Notice géognostique sur quelques parties du département des Ardennes et de la Belgique.

*Séance du lundi 16 mars.*

*Pièces manuscrites :* Lettre de M. Baudelocque concernant l'extraction d'un enfant avec un forceps perfectionné ; Idées sur la formation du diamant, par M. Joseph Baruffi, de Turin ; Description de l'appareil que M. Cottereau emploie pour administrer le chlore ; Nouveau moyen d'éprouver la poudre de guerre, par M. Barre ; épreuves tirées par MM. Chevalier et Langlumé, à l'aide d'une pierre siliceuse ; Nouveau moyen de guérir le begayement, par M. Sene d'Usez ; Mécanisme propre à naviguer dans l'air, par M. Masucci de Rome ; diverses Lettres de MM. Quoy et Gaymard, sur la campagne de l'Astrolabe ; Lettres de

MM. Tournal et Marcel de Serres, sur les ossemens découverts dans les cavernes de Bise; Sur l'application du théorême de Taylor à la résolution numérique des équations, par M. Cauchy; Sur les rapports de structure organique et de parenté dans lesquels sont entre eux les animaux des âges historiques et vivant actuellement, et les espèces antédiluviennes ou perdues.

M. Silvestre, au nom d'une commission, rend un compte favorable des expériences faites par M. Bonafous, à Turin, sur les avantages comparés des feuilles des mûriers sauvages et des mûriers greffés.

M. Cuvier, au nom d'une commission, fait un rapport avantageux sur les collections et dessins d'histoire naturelle rapportés d'Egypte par M. Rifaut.

La commission nommée dans la séance du 2 mars, présente la liste suivante de candidats pour la place d'associé étranger, actuellement vacante : sur la première ligne, *ex æquo* : MM. Olbers et Dalton; et ensuite par ordre alphabétique : MM. Bessel, à Kœnigsberg; Blumenbach, à Gottingue; Robert Brown, à Londres; de Buch, à Berlin; Leslie, à Edimbourg; OErsted, à Copenhague; Plana, à Turin, et Sœmmerring, à Francfort.

*Séance du lundi 23 mars.*

*Pièces manuscrites :* Lettre de M. Berlan, sur la nécessité des revaccinations; Notice sur les paratonnères établis dans la place de Valencienne, par M. Barré, chef de bataillon d'artillerie; Sur certains mouvemens d'oscillation, produits par les minéraux de l'île d'Elbe; Extraits d'une Lettre de M. de Humboldt à M. Arago,

concernant les phénomènes de l'aiguille aimantée ; Description d'un genre nouveau de la famille des géraniacées, par M. Cambessedes ; Lettre du Dr Lassis annonçant que de nouveaux faits sont venus confirmer ses idées sur l'épidémie de Gibraltar ; Quelques détails fournis par M. Warden, sur la partie de la côte N.-O. des États-Unis, qui est voisine du fleuve Colombia.

L'Académie procède au scrutin pour la nomination d'un associer étranger. Il y a 54 votans. Au premier tour, M. Olbers obtient 39 suffrages, M. Dalton 14, et M. Plana 1.

M. Silvestre, au nom d'une commission, fait un rapport sur une dissertation de M. Saintourens, concernant les moyens de vivifier les landes rases de l'ancien district de Tartras.

Il résulte d'un rapport fait par M. Cauchy, que le Mémoire que M. Duchatel avait présenté sur les moyens de diviser un arc en un nombre quelconque de parties égales, ne mérite aucune attention.

M. Geoffroy Saint-Hilaire lit la première partie de son Mémoire sur les rapports de structure des animaux actuels et des animaux antédiluviens.

---

## Recherches *sur l'acide aspartique.*

Par M. Plisson,

Pharmacien attaché à la Pharmacie centrale.

(Extrait fourni par l'Auteur.)

Après avoir démontré la nature identique des matières cristallines contenues dans les jeunes pousses d'asperge,

dans les racines de réglisse, de guimauve et de grande consoude; après les avoir, pour cette homogénéité, confondues toutes en une seule et même espèce, sous le nom d'*asparagine*, j'ai cru que je devais revenir sur cette propriété remarquable qu'elles possèdent, de pouvoir donner naissance, par leur contact avec l'hydrate de plomb, à un sel insoluble jusqu'alors inconnu. En séparant la base de ce sel par l'hydrogène sulfuré, j'étais parvenu à recueillir un acide dont la petite quantité ne m'avait permis de tenter que les expériences rigoureusement indispensables pour bien m'assurer de son existence. Ayant pu depuis m'en procurer une plus ample provision, je vais exposer beaucoup plus largement que je ne l'ai fait les propriétés de cet acide, que j'appelle *aspartique*.

### *Acide aspartique.*

*Propriétés.* Cet acide, cristallisé dans l'eau, se présente sous forme d'une poudre brillante, laquelle, examinée au microscope, paraît composée de longs prismes à quatre pans, à sommet dièdre, d'une transparence parfaite et sans couleur.

Il est inodore; il a une saveur acidule, qui s'évanouit bientôt en laissant un faible arrière-goût d'*aspartate*; il rougit bien la teinture de tournesol.

Il se dissout en petite proportion dans l'eau. Pour préciser l'action dissolvante de celle-ci, j'ai suivi le procédé de M. Gay-Lussac pour la détermination de la solubilité des sels, et, à la température de + 8°,5 centigrades, j'ai vu que cet acide se dissolvait dans cent vingt-huit fois son poids d'eau; à chaud, il est beau-

coup plus soluble ; aussi cristallise-t-il par le refroidissement du liquide.

A la température ordinaire, il est insoluble dans l'alcool à 40°. Cette insolubilité m'a rendu facile l'évaluation de sa pesanteur spécifique, que j'ai trouvée de 1,873 à la température de + 8°,5.

Chauffé à l'air ou dans le vide, il se décompose en produisant de l'ammoniaque, de l'acide prussique, etc. L'acide sulfurique concentré le dissout à froid, le décompose à chaud en répandant de l'acide sulfureux, etc.

Chauffé avec douze fois son poids d'acide nitrique jusqu'à siccité, l'acide aspartique n'est pas détruit, ou du moins ne l'est qu'en partie, puisqu'on en retrouve aisément dans le résidu de l'évaporation.

Cet acide, dissous dans l'eau, ne précipite pas les muriates de baryte et de chaux, les sulfates de magnésie, de manganèse et de zinc, les sels de fer, les acétates de plomb, le sulfate de cuivre, le sublimé corrosif, le nitrate d'argent et l'émétique.

Il trouble légèrement l'eau de savon ; il déplace l'acide carbonique de ses combinaisons salines.

Mis en ébullition dans l'eau avec de la fécule, il a été au moins vingt heures pour empêcher celle-ci de bleuir par l'iode. Ce point atteint, l'ébullition a encore été soutenue quelque temps, après lequel, la liqueur, mêlée avec un peu de levure de bierre, a donné de l'acide carbonique, tout en prenant une odeur vineuse. La lenteur de l'amidon à devenir insensible à l'iode, m'a fait supposer que cette insensibilité était peut-être le résultat de l'action de la chaleur humide longuement continuée. Pour lever le doute, j'ai pendant un temps considérable

fait bouillir séparément, dans de l'eau distillée et dans de l'eau de Seine que je renouvelais au besoin, une petite proportion de fécule, sans pouvoir détruire chez elle la propriété cyanogénique. Cette expérience me semble assez concluante. Dans le règne organique, l'acide aspartique n'est pas le seul qui puisse convertir la fécule en sucre, l'acide quinique, comme je le dirai bientôt avec M. Henry fils, recèle également cette faculté. M. Couverchel même, dans un savant Mémoire sur la maturation des fruits (*Journ. de Pharm.* 1821), a déjà publié que plusieurs acides végétaux étaient susceptibles d'apporter de semblables changemens : il est vrai d'ajouter que ce pharmacien distingué ayant agi à la température de 125°, il n'était pas tout-à-fait impossible d'admettre, à cette époque, qu'une chaleur au-dessus de 100° eût produit la conversion en matière gommeuse, et qu'alors seulement les acides eussent déterminé la saccharification. Il est bien certain maintenant que les acides végétaux, du moins un certain nombre, peuvent transmuer en sucre les corps féculens, par le concours de l'eau et d'une température de 100° seulement, ou peut-être moindre.

### *Des Aspartates.*

Tous ces sels se décomposent par l'action du feu; ceux qui ont pour base un alcali minéral, se transforment en ammoniaque, en acide hydro-cyanique, en cyanure métallique, etc. Tous ceux qui sont solubles ont une saveur remarquable de jus de viande qui devient un de leurs caractères principaux. Cette saveur est ordinairement franche pour les sels neutres à base alcaline

ou terreuse, suivie de stipticité dans les sels métalliques, et entièrement couverte par plus ou moins d'amertume dans les sels à base végétale.

*Préparation.* Tous ceux qui sont solubles s'obtiennent directement ou en traitant l'aspartate de baryte par un sulfate convenable ; tous ceux qui sont insolubles se préparent par voie directe, ou, plus exactement, par doubles décompositions.

*Aspartate de potasse.* Ce sel ne cristallise pas, il attire l'humidité de l'air, possède une saveur de jus de viande légèrement sucrée ; dissous dans l'eau, il ne précipite pas les muriates de baryte et de chaux, de nickel, de cobalt, de quinine, de cinchonine et de morphine, le sublimé corrosif, l'émétique et le muriate d'or.

Il ne précipite pas non plus le sulfate de cuivre et le permuriate de fer ; mais, avec le premier, il se produit une couleur d'un bleu céleste magnifique, et avec le second, la liqueur devient d'un rouge intense.

Ces changemens remarquables de couleur, si toutefois il ne se compose pas un sel double, ne tendraient-ils pas à faire supposer que deux sels en solution peuvent échanger leur base alors même qu'il n'en résulterait pas un corps insoluble ? J'espère un jour revenir sur cette observation.

Avec les acétates de plomb,
le proto-nitrate de mercure,
le nitrate d'argent,
l'aspartate de potasse forme un précipité blanc plus ou moins abondant, soluble dans l'acide nitrique, et qui paraît toujours l'être aussi dans un excès de l'un des deux sels.

*Aspartate de soude.* Ce sel, qui cristallise facilement, se fait distinguer par une saveur de jus de viande agréablement salé.

L'*aspartate de baryte* est une masse friable composée de très-petits cristaux blancs opaques, d'une saveur d'aspartate sans amertume.

L'*aspartate de chaux*, se prend en masse gommeuse; sa saveur se rapproche de celle de l'aspartate de soude, et ne rappelle en aucune manière un sel de chaux. Il devient sensiblement alcalin en bouillant avec du carbonate calcaire.

*Aspartate de magnésie.* Ce qu'on vient de lire sur l'aspartate de chaux peut se répéter ici.

L'*aspartate de zinc* cristallise en petits points blancs, opaques, n'attire pas l'humidité de l'air, développe sur la langue la saveur caractéristique du genre de sels auquel il appartient; mais cette saveur est bientôt suivie de la stypticité des sels de zinc.

L'*aspartate de nickel*, par une évaporation très-lente, finit par se convertir en une masse verte, fragile, et fendillée.

L'*aspartate de quinine* est très-soluble dans l'eau; quand on évapore doucement son soluté, une partie du sel s'élève au-dessus du liquide sous forme d'un ruban ondulé, ayant des échancrures plus ou moins profondes; l'autre partie tapisse le fond de la capsule, elle paraît d'un mat argenté.

L'*aspartate de cinchonine* cristallise très-facilement en belles aiguilles prismatiques.

L'*aspartate de morphine* donne lieu, par l'évaporation, à une matière d'apparence gommeuse, au milieu

de laquelle il est aisé d'apercevoir une multitude de petits cristaux brillans.

*Analyse et composition des Aspartates neutres.*

L'*aspartate de magnésie*, détruit par le feu et calciné jusqu'à ce qu'il cesse de bouillonner par les acides, permet d'établir les chiffres qui suivent :

| 1re Expérience. | | 2e Expérience. | | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|
| Acide.... | 0,872 | Acide... | 0,867 | 0,8695 |
| Base.... | 0,128 | Base.... | 0,133 | 0,1305 |
| | 1,000 | | 1,000 | 1,000. |

Moyenne pour une quantité de sel contenant 1 p. d'acide.

| | | |
|---|---|---|
| Acide... | 1 » | |
| Base.... | 0,1500, | renfermant oxigène 0,05806. |
| | 1,1500. | |

En agissant sur l'aspartate de chaux comme sur celui de magnésie, voici les résultats auxquels je suis parvenu :

| 1re Expérience. | | 2e Expérience. | | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|
| Acide... | 0,831 | Acide... | 0,824 | 0,8275 |
| Base.... | 0,169 | Base.... | 0,176 | 0,1725 |
| | 1,000 | | 1,000 | 1,000. |

Moyenne pour une quantité de sel ayant 1 p. d'acide.

| | | |
|---|---|---|
| Acide... | 1 » | |
| Base.... | 0,1084, | renfermant oxigène 0,05853. |
| | 1,2084. | |

J'ai décomposé l'aspartate de baryte par l'acide sulfu-

rique, et j'ai déduit du poids du sulfate insoluble, les nombres suivans :

| 1re Expérience. | | 2e Expérience. | | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|
| Acide... | 0,6295 | Acide... | 0,6345 | 0,6320 |
| Base.... | 0,3705 | Base.... | 0,3655 | 0,3680 |
| | 1,0000 | | 1,0000 | 1,000. |

Moyenne pour une quantité de sel contenant 1 p. d'acide.

| | | |
|---|---|---|
| Acide... | 1 » | |
| Base.... | 0,5822, | renfermant oxigène 0,060884. |
| | 1,5822. | |

Si je prends le résultat moyen de ces analyses, il arrive que 100 parties d'acide aspartique saturent une dose de base telle qu'elle contient 5,9143 d'oxigène. Je puis donc poser ainsi la composition d'un aspartate neutre; soit celui de potasse en exemple :

| | |
|---|---|
| 1 atome de potasse, dont le nombre proportionnel est de........................ | 589,916 |
| 1 atome d'acide aspartique, dont le nombre proportionnel sera..................... | 1690,817. |

*Des Aspartates bi-basiques.*

*Sous-aspartate de chaux.* Le sel neutre est susceptible de dissoudre beaucoup de chaux; il acquiert par là une cristallisation facile, et sa saveur d'aspartate est alors suivie d'une grande âcreté.

Ce sel alcalin en solution ne précipite pas

Le muriate de magnésie,
——— d'or,
——— de platine,
Le sulfate de cobalt.

Il ne trouble pas non plus le sulfate de cuivre dont change la teinte à la manière de l'aspartate de potasse; forme,

Avec le muriate de peroxide de fer,
les acétates de plomb,
l'émétique,
le sublimé corrosif,
le nitrate d'argent,

n précipité soluble dans un excès de l'un ou de l'au-e sel.

*Sous-aspartate de magnésie.* Le sel neutre de magné-e est, comme celui de chaux, susceptible de se sur-harger de base, et de se constituer en sous-aspartate, ont la saveur est âcre aussi. Par une évaporation lente, e sel alcalin prend l'aspect de la gomme.

J'ai analysé les deux sous-aspartates qui précèdent, n les brûlant comme leur sel neutre; j'ai obtenu, par e procédé, pour le sous-aspartate de chaux,

| 1re Expérience. | | 2e Expérience. | | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|
| Acide... | 0,689 | Acide... | 0,698 | 0,6935 |
| Base.... | 0,311 | Base.... | 0,302 | 0,3065 |
| | 1,000 | | 1,000 | 1,000. |

Moyenne pour une quantité de sel renfermant 100 p. d'acide.

| | | |
|---|---|---|
| Acide .. | 1 » | |
| Base.... | 0,4419, | renfermant oxigène 0,12412. |
| | 1,4419. | |

J'ai eu pour le sous-aspartate de magnésie,

| 1re Expérience. | | 2e Expérience. | | Moyenne. |
|---|---|---|---|---|
| Acide... | 0,7855 | Acide... | 0,7655 | 0,7755 |
| Base.... | 0,2145 | Base.... | 0,2345 | 0,2245 |
| | 1,0000 | | 1,0000 | 1,000. |

Moyenne pour une dose de sel qui renferme 100 p. d'acide.

| | | |
|---|---|---|
| Acide... | 1 » | |
| Base.... | 0,2894, | renfermant oxigène 0,1120. |
| | 1,2894; | |

d'où il résulte que dans les sous-aspartates, 100 parties d'acide s'uniront à une quantité de base contenant, terme moyen, 11,811 d'oxigène, dont la moitié 5,905 représente, à $\frac{1}{100}$e près, l'oxigène des aspartates neutres. Ces sous-sels sont donc bi-basiques; en corrigeant l'expérience, on aura pour leur composition, exemple celui de chaux :

2 atomes de chaux, ou 712,038;
1 atome d'acide aspartique, ou 1690,817.

---

## Note *relative à l'action des champignons sur l'air et sur l'eau.*

Par Mr F. Marcet.

(Communiquée à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.)

Tous ceux qui se sont occupés de physiologie végétale savent que la plupart des plantes, pendant la

période de leur végétation, ont la propriété de changer la nature chimique de l'air dans lequel elles se trouvent placées. Cette Note renferme quelques expériences relatives à cette propriété, entreprises sur les champignons; ces végétaux sont jusqu'ici si peu connus, et ils diffèrent tellement du reste du règne végétal, que toute comparaison entre leurs propriétés et celles des végétaux ordinaires, me paraît de nature à présenter quelque intérêt.

J'ai trouvé, sur ce sujet, la phrase suivante dans les aphorismes qui sont à la fin de la *Flora Fribergensis* de M. de Humboldt, publiée en 1793 : *Specimina agarici campestris juniora antequam pileum expilatum et annulum perruptum, diù et noctù gaz hydrogeneum emittere deprehendi*; et ailleurs : *Idem in Agarico androsaceo deprehendi.*

M. De Candolle, dans le second volume de la *Flore française*, dit qu'il a trouvé que le *Sphœria digitata*, exposé sous l'eau au soleil, donne un gaz dans lequel il a trouvé 70 pour cent d'hydrogène. Le même savant m'a dit en avoir retiré 14 pour cent du *Peziza nigra*, placé dans les mêmes circonstances.

J'ai entrepris les expériences suivantes, dans le but de savoir, 1° si véritablement les champignons, pendant la période de leur végétaion, exhalent des gaz particuliers, ou changent la nature de l'air, comme les autres plantes; 2° de quelle nature sont les gaz qui paraissent exhalés par les champignons placés sous l'eau, et quelle peut être la cause de ce phénomène.

Section Ire. *Action des champignons sur l'air.*

J'ai couvert d'un récipient de verre un agaric qui ne faisait que sortir de terre. Ayant entouré toute la base d'une espèce de lut gras, j'y ai fait adhérer le récipient de manière à ce qu'il fût impossible qu'il y eût aucune communication entre l'air qui s'y trouvait renfermé et l'air extérieur. Au bout de trois jours, l'agaric avait augmenté en grandeur à peu près de quatre fois son volume primitif. J'ai soumis alors à l'analyse l'air contenu dans le récipient, dans le but de voir s'il avait éprouvé quelque changement. Cette expérience a été répétée plusieurs fois sur trois espèces d'agaric. Dans aucun cas, je n'ai découvert la moindre trace de gaz hydrogène. Il se trouvait seulement dans le récipient une très-petite quantité de gaz acide carbonique, variant en quantité suivant l'espèce d'agaric, et même selon l'individu qui était soumis à l'expérience.

Des champignons arrachés de la terre et exposés sous une cloche de verre, soit au soleil, soit à l'obscurité, ne m'ont jamais paru changer la nature de l'air dans lequel ils se trouvaient, et n'ont exhalé, dans aucun cas, du gaz hydrogène.

Section II. *Examen des Gaz exhalés par des champignons placés sous l'eau.*

Si l'on place des champignons sous un récipient dans de l'eau, on voit, au bout de quelques minutes, se dégager de petites bulles de gaz. Les expériences qui suivent ont été faites sur des champignons de diverses espèces exposés : 1° aux rayons directs du soleil ; 2° à

une obscurité parfaite ; 3° tour-à-tour au soleil et à l'obscurité, pendant des intervalles déterminés.

§ 1er. *Champignons exposés au soleil.* Plusieurs espèces de champignons ont été exposés sous l'eau, aux rayons du soleil. Au bout de quelques heures, il y avait toujours développement d'un gaz composé d'hydrogène, d'azote, et quelquefois de deux ou trois parties pour cent d'air atmosphérique. La quantité des gaz développés et leur proportion variaient suivant les diverses espèces de champignons soumises à l'expérience. En voici quelques exemples.

1°. Trois champignons de l'espèce *agaricus leucocephalus*, placés sous un récipient au soleil, ont fourni, dans six heures, 2 pouces cubes d'un gaz composé de 42 hydrogène et 56 azote ; les deux autres parties étaient de l'air atmosphérique.

2°. Trois pieds du *sphæria digitata*, exposés de la même manière, ont fourni, au bout de dix heures, un gaz contenant 65 pour cent d'hydrogène, et 33 d'azote.

3°. Deux champignons de l'espèce *agaricus ericeus*, exposés pendant dix heures au soleil, ont fourni un pouce trois quarts d'un gaz renfermant 55 hydrogène, et 44 azote.

4°. Plusieurs individus de l'espèce *agaricus deliquescens*, exposés comme les précédens, ont donné, au bout de six à huit heures, deux pouces cubes d'un gaz contenant 70 pour cent d'hydrogène et le reste d'azote.

§ 2. Dans le cas où les champignons étaient exposés à l'obscurité, le plus souvent pendant vingt-quatre ou quelquefois même quarante-huit heures, il n'y avait aucun

dégagement de gaz. Plus tard cependant, il s'en produisait ordinairement un peu ; mais il contenait presque toujours moins d'hydrogène et plus d'azote que celui qui se dégageait des champignons exposés au soleil. Ainsi, par exemple, deux pieds de l'*agaricus contortus*, placés pendant plus de vingt-quatre heures dans un endroit obscur, n'ont dégagé aucun gaz : au bout de soixante heures seulement, il s'en était dégagé deux pouces cubes ; tandis que des champignons de même espèce, exposés aux rayons directs du soleil, ont donné la même quantité de gaz au bout de six heures. Le *sphæria digitata*, placé dans les mêmes circonstances, m'a donné des résultats tout-à-fait analogues.

§ 3. Plusieurs individus de l'espèce dite *agaricus physalloides*, ont été placés dans l'eau pendant quarante-huit heures dans une obscurité parfaite. Au bout de ce temps, il ne s'est trouvé qu'une seule bulle de gaz dans l'intérieur du récipient ; les champignons étaient restés parfaitement frais, sans aucune odeur, et ne paraissaient nullement disposés à la pourriture. Les ayant alors exposés au soleil, au bout de deux heures, j'ai obtenu deux pouces cubes d'un gaz composé de 57 hydrogène et de 43 azote. Le *boletus aurantiacus*, l'*agaricus campestris* et plusieurs autres espèces se sont comportés précisément de la même manière.

§ 4. *Cause du phénomène*. Le dégagement d'hydrogène qui a lieu lorsqu'on place dans de l'eau des champignons récemment cueillis, me paraît un fait digne d'être remarqué. Ce phénomène provient-il d'une espèce de végétation qui continue à avoir lieu dans l'eau, et par laquelle celle-ci, étant décomposée, donnerait son oxi-

gène au champignon, et laisserait dégager son hydrogène; ou bien est-il le résultat d'un commencement de putréfaction? Les raisons suivantes me portent à croire que le dégagement de gaz hydrogène provient de la première de ces deux causes, c'est-à-dire, d'une espèce de continuation dans la végétation, plutôt que de la seconde.

1°. Les champignons que je soumettais à l'expérience étaient toujours parfaitement frais; à l'instant où il se manifestait quelque signe de putréfaction, je cessais l'expérience.

2°. Des champignons extrêmement coriaces, chez lesquels la putréfaction ne peut se manifester qu'au bout d'un temps très-considérable, tels que le *sphœria digitata*, ont dégagé, dans plusieurs cas et au bout de peu de temps, une quantité considérable de gaz hydrogène. D'un autre côté, des champignons d'une consistance beaucoup plus molle et plus disposés à la putréfaction, ne dégagent souvent qu'une très-petite quantité de ce gaz. C'est ainsi que M. De Candolle a prouvé que le *peziza nigra*, qui se trouve être dans de dernier cas, ne dégage que 14 pour cent d'hydrogène, tandis que le *sphœria digitata*, champignon très-coriace, selon le même botaniste et d'après mes propres expériences, dégage de 65 à 70 pour cent de ce gaz.

3°. A température égale, le dégagement du gaz paraît avoir lieu plus vite au soleil qu'à l'obscurité. Cependant la lumière n'a jamais été assignée comme cause favorable à la putréfaction, tandis qu'au contraire elle joue un grand rôle dans la végétation.

4°. Enfin, en admettant que le dégagement de gaz soit le résultat de cette espèce de végétation du champi-

gnon, on explique facilement la présence d'une grande quantité d'azote en supposant qu'elle provienne de la décomposition soit de l'air qui est renfermé dans l'eau, soit de celui qui existe entre les pores et dans le tissu même du végétal.

---

## Notice *sur deux variétés de pierres lithographiques, découvertes dans les terrains calcaires du Jura; et sur une machine nouvellement inventée, pour les dresser promptement et avec régularité.*

Par Ch. Domet de Mont.

Le Jura, cette terre classique des formations calcaires, en renferme plusieurs, encore inconnues ou non décrites, quoique dignes de fixer l'attention des savans ou des artistes : parmi celles qui peuvent servir à la lithographie, on distingue premièrement;

Une variété du calcaire compacte, à cassure conchoïde, parfaitement semblable pour le grain, la couleur et la dureté, à celle de Solenhofen en Bavière : on la trouve à toutes les hauteurs et toujours près de la surface, non parmi les roches saillantes, mais sur les plateaux légèrement inclinés, où elle est ordinairement recouverte d'une couche de terre végétale.

Tout fait reconnaître, dans cette variété, le dernier dépôt d'un sédiment très-fin, tenu long-temps en suspension dans les eaux. Sous cette couche, on découvre, partout où l'ordre des formations n'est point inter-

rompu, le calcaire oolithique, mêlé à des fragmens de coquilles antédiluviennes. Insensiblement ces oolithes grossissent et perdent de leur figure sphérique ; plus bas encore, la roche, devenue graveleuse, n'est plus que la réunion de fragmens irréguliers, moins roulés et seulement arrondis sur les bords.

Ainsi se termine cette formation, au bas de laquelle circule une multitude de filets d'eau, qui ne peuvent pénétrer dans la grande couche de calcaire stratifié, alternant avec l'argile bleuâtre feuilletée, qui supporte ces terrains. Cette couche, qui date d'une époque antérieure à celle des oolithes, se reconnaît facilement à sa couleur ferrugineuse et sombre, et à son allure horizontale : on la devine partout où les eaux s'échappent en torrens, ou en ruisseaux, à la naissance des vallées.

Sous cette couche, souvent très-puissante, et où nulle grotte, nul affaissement ne se font remarquer, commencent les gypses, les schistes argilo-siliceux, entremêlés de couches légères de houille pyriteuse, et de quelques grès houilliers ou micacés. La gorge profonde où Salins est bâtie, montre l'ensemble de ces formations.

Le calcaire lithographique dont on vient de parler est rarement pur et homogène, plus rarement encore régulièrement stratifié ; les géodes spathiques ou terreuses, les feuillets cristallisés, qui le traversent dans tous les sens, n'ont laissé jusqu'ici que peu d'espoir d'y rencontrer des morceaux bien nets et d'une belle dimension. Cependant la multitude des localités qui renferment cette variété laisse très-probable la décou-

verte d'une carrière, dont les bancs seront plus homogènes et mieux stratifiés.

La seconde variété lithographique se tire d'une formation locale et indépendante, non encore décrite, et que nous désignerons sous le nom de *calcaire argileux tabulaire*, ou *schistoïde* : elle existe sur le deuxième plateau du Jura, à une hauteur de 960 mètres ; elle est susceptible de se lever en tables immenses, de 6 lignes à 3 pouces d'épaisseur, dont plusieurs ont jusqu'à 10 pieds de long sur 5 à 6 de large.

Cette pierre, d'un gris-blanc bien égal, durcit à l'air, et résiste à toutes les intempéries de son climat rigoureux : les outils d'acier fondu l'entament avec peine ; cependant, malgré sa dureté et sa pesanteur spécifique, qui surpasse celle des autres calcaires, elle prend plus d'eau que la pierre de Bavière, et possède en excès, au moins dans les bancs inférieurs, cette propriété nécessaire pour repousser l'encre du rouleau.

Tel est du moins le jugement que les imprimeurs de la capitale ont porté sur cette pierre, qui, au rapport d'un habile dessinateur, offre, au crayon, une finesse de grain et un moelleux incomparables. Il était réservé à un lithographe de province d'en tirer de fort belles épreuves, en les imprimant, comme à l'ordinaire, sur un papier non collé, mais moins humide, ou même entièrement sec et sans préparation. Les épreuves sont sorties de la presse légèrement humides, et ont conservé les plus faibles demi-teintes avec une grande fidélité.

Il ne suffisait plus de trouver en France des pierres lithographiques propres à remplacer celles que l'on tire

de l'étranger ; il fallait encore chercher les moyens de les dresser promptement, en remplaçant par une machine le travail à bras d'homme, également pénible et dispendieux. Celle que l'auteur a inventée et fait exécuter à Dôle a surpassé son attente. La pièce principale est une forte meule horizontale, d'un grès très-dur, activé par un sablon siliceux, et tournant avec rapidité. Un balancier retient et promène sur cette meule, du centre à la circonférence, une ou plusieurs pierres semblables, renfermées dans un châssis. Huit à dix minutes suffisent pour dresser et doucir 5 à 6 pieds de surface, divisée en dalles lorsqu'elles ont été préalablement dégrossies par le tailleur de pierre. Un seul homme peut alors en dresser 100 pieds carrés dans un jour, et même plus, dans les circonstances favorables.

Le travail de cette machine ne se borne pas aux pierres lithographiques ; elle est également destinée à dresser les marbres et les parquets de mosaïque ; et l'auteur se réserve d'y appliquer, pour les polir, un procédé jusqu'ici restreint aux verres et aux miroirs d'optique, le seul qui puisse leur faire réfléchir une lumière brillante avec la plus parfaite régularité.

---

## Sur *le Sodium*.

Par M. Sérullas.

Si l'on met du *potassium* sur un bain de mercure, on voit les fragmens rester d'abord immobiles, puis prendre, en s'amalgamant, un mouvement qui s'accroît

successivement au point de devenir très-rapide et gyratoire. Ce mouvement, comme je l'ai dit dans mes Mémoires sur les alliages du potassium et du sodium, dépend de l'absorption et de la décomposition de l'humidité atmosphérique par le métal, d'où résulte une émission d'hydrogène qui imprime ce mouvement; lorsque l'on place le potassium en contact avec le mercure sous une cloche renfermant de l'air sec, l'amalgamation s'opère tranquillement.

Si, d'un autre côté, on projette vivement sur le mercure une parcelle de *sodium*, elle est lancée avec violence hors du bain, donnant lieu à une petite explosion accompagnée de chaleur et lumière; résultat prévu, d'après l'observation qu'ont faite MM. Gay-Lussac et Thenard, qui, en préparant pour la première fois l'amalgame du sodium, ont vu l'amalgamation s'effectuer avec chaleur et lumière.

On sait encore que le *potassium* brûle au contact de l'eau, tandis que le *sodium* décompose ce liquide sans combustion.

Ainsi les caractères distinctifs du sodium et du potassium sont, que le premier s'unit au mercure avec chaleur et lumière, et l'autre avec chaleur seulement; que le sodium décompose l'eau sans brûler, et que le potassium donne lieu, dans la même circonstance, à une vive lumière. On voit donc, dans les deux cas, que chaque métal jouit précisément de propriétés inverses.

Le dernier effet est dû à ce que l'élévation de température est plus grande pour le potassium, et va jusqu'à l'incandescence, tandis qu'avec le sodium la chaleur

n'est pas suffisante pour produire l'inflammation. On en trouve la preuve dans l'expérience suivante, où l'on peut déterminer l'inflammation du *sodium* au contact de l'eau.

On fait un mucilage peu épais quelconque, une dissolution suffisamment, mais pas trop chargée de gomme arabique, sur laquelle on projette le sodium; il ne tarde pas à s'enflammer. Les fragmens sont retenus par la densité du liquide et fixés sur un point, s'échauffant alors assez pour entrer en ignition, et parcourir la surface du liquide à la manière du potassium. La flamme est jaunâtre, au lieu d'être bleuâtre comme celle du potassium. On ne peut obtenir cet effet sur l'eau ou sur un corps humecté, qui, par sa masse et de sa nature, soutire la chaleur produite dans la décomposition du liquide. En effet, en touchant avec une ou deux gouttes d'eau du sodium, qu'on fixe en le pressant sur un mauvais conducteur du calorique, sur du bois, par exemple, il s'enflamme, et fuit à l'instant; ce qui n'a pas lieu sur le verre ou la porcelaine.

---

## NOTE *sur la purification de l'oxide de manganèse.*

PAR M. LASSAIGNE.

PLUSIEURS moyens ont déjà été recommandés pour purifier l'oxide de manganèse de l'oxide de fer qu'il contient naturellement. En répétant la plupart de ces procédés pour obtenir de l'oxide de manganèse pur, j'ai été amené à en exécuter un qui me paraît plus facile et

plus prompt que tous ceux qui ont été publiés, et qui fournit toujours un oxide pur.

Ce moyen, calqué, pour ainsi dire, sur celui que M. Laugier a donné pour la purification de plusieurs métaux, avait déjà été mis en pratique par ce professeur, ainsi que par M. Feneulle, mon collègue et mon ami, mais non publié ; et j'avoue que sans une circonstance toute récente, ignorant leurs essais, je les aurais involontairement passés sous silence. C'est pourquoi je crois devoir annoncer ici que, sans connaître leurs résultats, je suis parvenu au même but.

Ce procédé consiste à convertir en oxalates les oxides de manganèse et de fer : comme ce dernier sel est soluble, on le sépare aisément du premier qui est insoluble dans l'eau.

En réfléchissant à la manière dont ces oxides mélangés se comportent avec l'acide oxalique, j'avais pensé que ce procédé serait peut-être applicable à leur séparation exacte et à la détermination du rapport dans lequel ils pouvaient se trouver ; mais l'expérience m'a indiqué le contraire. J'ai reconnu qu'une portion d'oxalate de manganèse restait en solution à la faveur de l'oxalate de fer, et que, dès-lors, ce moyen n'était plus analytique, et ne pouvait servir qu'à la séparation de l'oxide de fer de l'oxide de manganèse.

On en acquiert facilement la preuve, lorsqu'on traite l'oxide de fer retiré des mines de fer, et qui contient toujours une petite quantité d'oxide de manganèse par l'acide oxalique ; on n'observe aucune séparation du manganèse ; sans doute parce que l'oxalate de manga-

nèse qui s'est formé reste combiné à l'oxalate de fer, et produit un sel double soluble.

Le procédé de purification que nous avons pratiqué d'après ce principe est simple. Après avoir traité le peroxide de manganèse naturel par l'acide hydrochlorique étendu d'eau, pour enlever les carbonates étrangers, on le traite à chaud par quatre à cinq fois son poids d'acide sulfurique concentré, et on évapore à siccité la masse qui en résulte.

En traitant alors cette masse par huit à dix fois son poids d'eau bouillante, on dissout le proto-sulfate de manganèse qui a été produit; mais la dissolution contient du fer et quelquefois du cuivre, tous les deux à l'état de sulfate. Pour précipiter le cuivre, on acidule la liqueur, si elle ne l'était pas, par l'acide sulfurique, et, en faisant passer un courant de gaz hydro-sulfurique, ce métal est converti en sulfure de cuivre insoluble qu'on sépare par la filtration. Lorsque tout le cuivre a été ainsi isolé, on fait bouillir la liqueur pour la dégager de l'excès de gaz hydro-sulfurique qu'on y a introduit, puis on la précipite par une solution de carbonate de soude.

Le précipité blanc-jaunâtre, composé de carbonates de manganèse et de fer, lavé par décantation, est traité à chaud par un excès de solution d'acide oxalique: il en résulte de l'oxalate de manganèse, qui se précipite en poudre blanche très-fine, et de l'oxalate de fer soluble qu'on enlève par des lavages à l'eau bouillante.

L'oxalate de manganèse, ainsi obtenu, fournit par sa calcination, en vase clos, du protoxide de manganèse

pur, et pour produits gazeux de l'acide carbonique et de l'oxide de carbone, dans des rapports variables suivant l'époque de la calcination. Le protoxide de manganèse extrait par ce moyen est gris, légèrement verdâtre; il se dissout entièrement dans l'acide hydrochlorique sans aucun dégagement de gaz. Cette dissolution incolore se comporte avec les réactifs comme les sels purs de protoxide de manganèse.

---

## Note *relative à quelques expériences anciennes sur la durée du refroidissement d'un corps dans divers gaz.*

Par le professeur P. Prevost.

En 1783, Achard donnait (1) le résultat de ses expériences sur la durée du refroidissement d'un corps placé dans divers gaz d'une température moins élevée que la sienne. Le corps employé à cet effet était la boule d'un thermomètre à mercure, préalablement échauffée.

Voici le tableau que donne cet observateur des temps de refroidissement dans deux gaz de densités fort différentes.

Dans le gaz inflammable (tiré du zinc par l'acide marin (2)), le mercure baissait de

---

(1) Dans les Mémoires de Berlin, pour cette année-là.

(2) Nous croyons devoir conserver ici ces anciennes dénominations.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 70 | à 60 degrés de R. en | 15 | secondes. |
| 60 | 50 ............... | 20 | |
| 50 | 40 ............... | 28 | |
| 40 | 30 ............... | 50 | |
| 30 | 20 ............... | 128. | |

Dans l'air fixe, le mercure baissait de

| | | | |
|---|---|---|---|
| 70 | à 60 degrés de R. en | 30 | secondes. |
| 60 | 50 ............... | 37 | |
| 50 | 40 ............... | 53 | |
| 40 | 30 ............... | 92 | |
| 30 | 20 ............... | 250. | |

Les autres gaz soumis à l'épreuve ; savoir le déphlogistiqué, le phlogistiqué, l'atmosphérique, ont eu des vitesses de refroidissement intermédiaires, mais très-peu différentes de celles de l'air fixe ; en sorte que tous ces gaz ont eu à peu près la même vitesse de refroidissement, à l'exception du gaz hydrogène, dont le refroidissement, de dix degrés en dix degrés, a été beaucoup plus rapide.

Quelle que soit la différence des appareils et de l'exactitude entre ces expériences et d'autres plus récentes, on remarque entre elles des coïncidences frappantes.

1°. Les expériences les plus récentes ont prouvé ( comme celles d'ACHARD ) la conformité qui règne généralement entre les gaz, quant à la durée requise pour un même changement de température dans les mêmes circonstances.

2°. La même exception s'est offerte à l'observateur ancien et aux observateurs modernes dans les changemens de température du gaz hydrogène. Ce gaz s'est constamment prêté à ces changemens avec plus de promptitude que les autres gaz.

Les observateurs récens ont attribué cette promptitude à un excès de conductibilité. La grande légèreté du gaz hydrogène peut faire supposer en effet que ses mollécules sont fort entr'écartées, et permettent au calorique un plus libre passage que celles des autres gaz.

Je suis forcé, en terminant cette Note, de prévenir un mouvement de surprise que ne manqueraient pas d'éprouver les physiciens, en recourant au Mémoire d'Achard; si du moins ces physiciens, sans recourir aux tableaux que nous venons de transcrire, se contentaient de lire l'énoncé des résultats; car cet énoncé, par une singulière méprise, dit précisément le contraire de ce que certifient les expériences (1).

---

Lettre *de M.* Dauvergne, *élève en médecine à Saint-Louis, à M.* Gay-Lussac, *sur un antidote de l'acide hydrocyanique.*

Connaissant, Monsieur, votre extrême obligeance à insérer dans vos Annales tout ce qui intéresse la science, je m'empresse de vous exposer les détails de l'expérience suivante, qui peut-être pourront mériter quelque attention.

M. Siméon, pharmacien interne de l'hôpital Saint-Louis, après avoir empoisonné un chat par l'acide hydrocyanique, tenta de le rappeler à la vie au moyen du chlore; la précaution de se garantir des effets délétères de cet acide, en dégageant du chlore lors de sa préparation, lui a suggéré l'idée d'employer ce moyen pour détruire ceux qu'aurait produits l'empoisonnement par cet acide. Voici comment il a procédé:

Ayant chargé l'extrémité d'un tube de verre d'environ deux

---

(1) On y lit (page 96): « Dans l'air fixe, le refroidissement » est plus prompt, etc. » L'erreur ne laisse aucun doute, à moins que les tableaux n'aient été transposés; ce qui est d'autant moins probable, que les résultats anciens et modernes seraient, en ce cas, directement opposés.

gouttes d'acide, il les versa aussitôt dans la caroncule lacrymale; des contractions et des tiraillemens se manifestèrent, et furent suivis de convulsions absolument tétaniques; une salivation abondante baignait la gueule de l'animal, et était transformée en une écume épaisse et blanchâtre par le souffle très-fort qui l'agitait. Néanmoins ces simples phénomènes ne m'arrêtèrent pas plus long-temps moi-même; je portai ma main sur le flanc gauche du chat, pour examiner les désordres que cet acide procurait, soit dans la circulation, soit dans la respiration. Outre que les pulsations du cœur étaient précipitées, elles étaient irrégulières, fréquentes, et occupaient une grande circonférence; de telle manière que chaque secousse que donnait une pulsation semblait être un dernier effort des facultés vitales. La respiration n'offrait pas moins de phénomènes remarquables; les parois thorachiques s'élevaient de plus de 10 lignes que dans l'expiration naturelle; l'inspiration était gênée et pénible, tandis que l'expiration était fréquente, prompte, etc.

Ce récit doit prouver que rien n'aurait pu rappeler l'animal à la vie; cependant M. Siméon ayant répandu dans sa gueule une grande quantité de chlore, la salivation cessa, la respiration devint plus facile, la circulation moins précipitée, et le chat alors dressa la tête, qu'il ne pouvait avant soutenir, sortit la la langue et flairait le chlore comme s'il eût pris plaisir à respirer un air plus salutaire. C'est ainsi que diminuèrent successivement les symptômes que nous avons énumérés; néanmoins cet animal ne pouvait encore se tenir sur les jambes; mais M. Siméon l'ayant exposé au grand air, il resta affaissé pendant quelques minutes, rendit une grande quantité de matières fécales, finit enfin par se dresser et faire plusieurs pas chancelans. Une heure s'était écoulée depuis l'empoisonnement, et, deux heures après, on reconnaissait à peine des traces d'une affection morbifique, qui diminuèrent au point que le lendemain le chat ne se ressentit de rien, marchait comme à l'ordinaire et mangeait comme dans l'état de santé.

Ce n'est point, Monsieur, à cette seule expérience que s'est borné M. Siméon; il l'a tentée sur divers animaux, a toujours observé les mêmes phénomènes et obtenu le même résultat.

Paris, 25 avril 1829.

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | MIDI. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | 9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | THERMOMÈTRE. maxim. | minim. | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 759,78 | — 1,2 | 74 | 758,28 | — 0,2 | 60 | 757,20 | — 0,0 | 60 | 757,46 | — 0,2 | 75 | — 0,0 | — 3,0 | Nuageux. | N. E. |
| 2 | 758,45 | + 0,5 | 83 | 759,16 | + 1,7 | 83 | 759,54 | + 2,0 | 82 | 761,40 | + 1,2 | 86 | + 2,0 | — 0,2 | Couvert. | N. |
| 3 | 763,44 | + 1,9 | 82 | 763,22 | + 3,7 | 80 | 762,75 | + 3,0 | 75 | 763,20 | + 0,2 | 80 | + 3,7 | + 0,2 | Couvert. | N. E. fort. |
| 4 | 760,20 | + 0,5 | 84 | 759,28 | + 2,5 | 84 | 757,95 | + 5,3 | 81 | 758,44 | + 2,8 | 85 | + 5,3 | — 0,6 | Couvert. | N. |
| 5 | 758,75 | + 3,2 | 83 | 758,47 | + 6,2 | 64 | 757,65 | + 5,5 | 65 | 758,70 | + 1,2 | 75 | + 6,2 | + 0,5 | Quelques éclaircies. | E. fort. |
| 6 | 757,34 | + 2,3 | 79 | 756,85 | + 5,3 | 59 | 755,20 | + 7,3 | 52 | 755,50 | + 2,2 | 80 | + 7,3 | — 1,2 | Serein. | E. |
| 7 | 755,26 | + 2,5 | 86 | 755,00 | + 5,6 | 71 | 754,77 | + 6,3 | 67 | 755,77 | + 4,2 | 70 | + 6,2 | — 0,7 | Quelques nuages. | E. N. E. |
| 8 | 756,15 | + 4,2 | 82 | 755,94 | + 6,3 | 71 | 755,08 | + 7,0 | 65 | 754,80 | + 4,5 | 76 | + 7,0 | + 3,0 | Couvert. | N. E. |
| 9 | 753,82 | + 1,8 | 87 | 753,64 | + 5,2 | 80 | 753,00 | + 4,7 | 80 | 752 53 | + 2,5 | 84 | + 5,2 | + 1,5 | Couvert. | N. E. |
| 10 | 752,74 | + 6,5 | 83 | 752,47 | + 7,8 | 60 | 752,10 | + 7,5 | 54 | 752,27 | + 5,6 | 59 | + 7,8 | + 3,1 | Couvert | N. E. |
| 11 | 751,08 | + 4,0 | 74 | 750,53 | + 6,5 | 56 | 749,34 | + 7,7 | 54 | 749 90 | + 3,7 | 69 | + 7,7 | + 0,5 | Serein. | E. |
| 12 | 749,46 | + 3,5 | 78 | 748 97 | + 7,3 | 72 | 748,15 | + 5,3 | 88 | 747,08 | + 5,3 | 88 | + 7,3 | — 0,7 | Couvert. | E. |
| 13 | 745,39 | + 6,5 | 88 | 745,38 | + 6,7 | 88 | 746,32 | + 5,5 | 88 | 750,00 | + 4 0 | 85 | + 6,7 | + 3,5 | Couv., brouil. épais. | N. |
| 14 | 751,72 | + 0,8 | 82 | 752,86 | + 5,5 | 62 | 753,40 | + 5,9 | 52 | 756,24 | + 3,0 | 56 | + 5,9 | + 0,2 | Très-nuageux. | N. |
| 15 | 755,48 | + 2,7 | 68 | 754,78 | + 6,7 | 49 | 753,80 | + 5,5 | 48 | 752,90 | + 0,8 | 56 | + 6,7 | + 0,2 | Légèrement couvert. | N. |
| 16 | 748,20 | + 2,3 | 63 | 747,00 | + 5,3 | 56 | 745,76 | + 6,5 | 48 | 745,25 | + 1,8 | 53 | + 6,5 | — 1,2 | Légères vapeurs. | E. |
| 17 | 746,08 | + 3,2 | 74 | 746,70 | + 7,5 | 67 | 747,03 | + 8,5 | 64 | 749 92 | + 3,2 | 82 | + 8,5 | — 3,2 | Serein. | S. |
| 18 | 754,22 | + 6,8 | 82 | 754,02 | +12,6 | 69 | 753,16 | +12,5 | 62 | 753,60 | + 5.6 | 75 | +12,8 | — 0,5 | Nuageux. | S. |
| 19 | 753,14 | + 9,2 | 77 | 751,46 | +16,2 | 60 | 750,08 | +17,2 | 55 | 750,02 | +11,2 | 67 | +17,2 | + 1,7 | Très-voilé. | S. E. |
| 20 | 754,30 | +11,8 | 86 | 754,77 | +15,5 | 77 | 754,62 | +16,0 | 73 | 756,88 | +12,8 | 87 | +17,5 | + 7,2 | Petites éclaircies. | S. |
| 21 | 759,24 | +10,7 | 86 | 758,50 | +15,5 | 64 | 757,10 | +17,0 | 53 | 756,70 | +12,0 | 60 | +17,0 | + 4,7 | Petits nuages. | E. |
| 22 | 752,50 | +11,5 | 60 | 750,85 | +16,0 | 59 | 750,52 | +17,0 | 64 | 749,47 | +11,0 | 98 | +17,0 | + 6,5 | Couvert. | E. |
| 23 | 750,40 | +11,7 | 84 | 750,74 | +11,6 | 81 | 751,10 | +12,7 | 80 | 752,55 | + 9,8 | 83 | +12,8 | + 8,0 | Pluie. | N. O. |
| 24 | 752,18 | + 9,2 | 81 | 751,80 | +11,0 | 70 | 751,16 | +10,5 | 70 | 751,30 | + 6,8 | 80 | +11,0 | + 4,0 | Couvert. | E. |
| 25 | 752,60 | + 6,0 | 80 | 752,04 | + 9,5 | 58 | 751,65 | +11,2 | 49 | 753,26 | + 2,5 | 59 | +11,2 | + 1,7 | Beau. | E. |
| 26 | 755,90 | + 3,8 | 84 | 755,40 | + 7,2 | 69 | 754,93 | + 7,3 | 66 | 755,45 | + 3,8 | 76 | + 7,3 | + 0,5 | Nuageux. | N. assez fort. |
| 27 | 754,77 | + 5,2 | 76 | 753,70 | + 9,2 | 64 | 752,47 | +10,5 | 59 | 751,62 | + 7,5 | 66 | +10,5 | + 0,5 | Serein. | E. |
| 28 | 747,78 | + 8,3 | 73 | 746,02 | +14,5 | 50 | 744,55 | +16,8 | 53 | 743,16 | +10,3 | 88 | +16,8 | + 2,5 | Vapeurs légères. | S. E. |
| 29 | 740,40 | +13,8 | 82 | 740,32 | +13,9 | 69 | 739,33 | +15,7 | 64 | 739,44 | + 9,5 | 83 | +15,7 | + 8,7 | Nuageux. | S. O. |
| 30 | 738,04 | +10,0 | 86 | 737,93 | +12,8 | 75 | 736,77 | +12,5 | 70 | 737,00 | + 9,0 | 78 | +12,8 | + 7,5 | Couvert. | O. |
| 31 | 736,25 | +10,4 | 80 | 735,46 | +13,2 | 75 | 735,05 | +11,7 | 77 | 736,42 | + 9,0 | 84 | +13,2 | + 7,5 | Quelq. petit. éclairc. | S. O. |
| 1 | 757,59 | + 2,2 | 82 | 757,23 | + 4 4 | 71 | 756,52 | + 4,4 | 68 | 757,01 | + 2,4 | 77 | + 5,1 | + 0,3 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 750,91 | + 5,1 | 77 | 750,65 | + 9,0 | 66 | 750,17 | + 9,1 | 63 | 751,18 | + 5,1 | 72 | + 9,7 | + 0,8 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 2,570 |
| 3 | 749,09 | + 9,1 | 79 | 748,43 | +12,2 | 67 | 747,69 | +13,0 | 64 | 747,85 | + 8,3 | 78 | +13,2 | + 4,8 | Moyenn. du 21 au 31. | Terrasse, 2,400 |
| 1 | 752,42 | + 5,6 | 79 | 751,98 | + 8,6 | 68 | 751,34 | + 8,9 | 65 | 751,88 | + 5,4 | 75 | + 9,4 | + 2,0 | Moyennes du mois, | + 5,7. |

# SUITE

## *Des Recherches sur les métaux qui accompagnent le platine, et sur la méthode d'analyser les alliages natifs ou les minerais de platine.*

PAR J. J. BERZELIUS.

### *Méthodes pour analyser les minerais de platine, et analyse de quelques-uns de ces minerais.*

ON commence par séparer mécaniquement les grains qui se distinguent les uns des autres par leur apparence. Ensuite on essaie si le barreau aimanté en enlève quelques-uns. Le sable platinifère contient souvent, outre les petites écailles de fer métallique découvertes par M. Osann, des alliages de fer et de platine, que non-seulement l'aimant attire, mais qui possèdent même la polarité. Ceux-ci ont une autre composition que les grains non magnétiques. On les sépare par l'aimant, et on détermine leur proportion.

On traite alors le minerai avec de l'acide muriatique étendu, qui débarrasse les grains de l'enduit d'oxide de fer qui les couvre souvent, et dissout le fer métallique. On détermine la quantité de fer trouvée par ce moyen. On ne doit pas calciner l'échantillon sans l'avoir pesé d'avance, car pendant cette opération il se couvre ordinairement d'une pellicule d'oxide de fer, et augmente de poids. Il suffit de le sécher sur un bain de sable chaud.

Le plan pour l'analyse proprement dite doit être tracé d'après la quantité et la nature des principes du

minerai de platine ; mais il reste le même pour tous les minerais de platine connus jusqu'à présent, tant pour ceux de l'Asie que pour ceux de l'Amérique, parce qu'ils contiennent tous les mêmes principes, seulement dans des proportions un peu variées. Ces principes, rangés d'après leur quantité relative, sont : le platine, le fer, l'iridium, le cuivre, le rhodium, le palladium et l'osmium. L'iridium et l'osmium se trouvent dans les minerais de platine en deux états différens, ou alliés en effet avec les autres métaux, ou seulement mêlés dans la masse en petites particules d'osmiure d'iridium. Dans le premier cas, ils se dissolvent avec le platine ; dans le dernier, ils restent indissous en petites écailles blanches, luisantes, qui sont si fines et si légères qu'on peut les étendre sur la peau. S'il reste des grains plus grands d'osmiure d'iridium, cela prouve qu'on ne les a pas triés avec assez de soin. Il peut être quelquefois important d'en déterminer la quantité, et la meilleure manière est d'enlever les parties étrangères par la dissolution.

Il ne faut pas prendre des échantillons trop grands ; 5 grammes sont déjà trop, 2 me paraissent suffisans. Cependant, quand il s'agit de déterminer avec une exactitude complète la proportion d'un principe qui ne se trouve qu'en très-petite quantité, il faut dissoudre une plus grande quantité de minerai, et négliger tous les autres corps, hors celui qu'on cherche.

J'ai effectué la dissolution du métal, au moyen de l'eau régale, dans une cornue de verre à laquelle était adapté un récipient entretenu froid. L'acide qui distille pendant la solution est jaune ; cela ne dépend pas seu-

lement du chlore, mais aussi des substances dissoutes qui sont projetées, pendant l'effervescence, en petites vésicules qui ne peuvent retomber dans la cornue, étant entraînées par le gaz oxide d'azote; des écailles d'osmium et d'iridium sont même entraînées de cette manière. On distille l'acide jusqu'à ce que la liqueur ait une consistance sirupeuse et se prenne en masse en refroidissant. On dissout la masse saline dans la plus petite quantité d'eau possible, et on décante avec précaution la solution. Le résidu indissous est mêlé avec l'acide recueilli dans le récipient et distillé une seconde fois. Cette fois, tout ce qui avait échappé à la dissolution se dissout ordinairement; on distille de même jusqu'à consistance sirupeuse. Si la liqueur distillée n'est pas incolore, il faut la redistiller. Elle contient ordinairement de l'oxide d'osmium, dont on perd un peu en redistillant; cependant la quantité en est en général très-petite.

La liqueur distillée incolore étant étendue d'eau, on la sature avec de l'ammoniaque caustique, ou, si cela devait être trop coûteux, avec de l'hydrate de chaux; cependant l'acide doit encore un peu prédominer. Cette saturation a pour but d'empêcher que le gaz hydrogène sulfuré, avec lequel on précipite ensuite la liqueur, ne soit pas décomposé par les acides. Il faut faire cette précipitation dans un flacon qu'on puisse boucher, et que la liqueur remplisse presque entièrement. Aussitôt que la liqueur contient de l'hydrogène sulfuré libre, on bouche le flacon et on la laisse s'éclaircir; ce qui exige quelquefois un ou deux jours. On enlève la liqueur avec un siphon; on jette le sulfure d'osmium sur un filtre

pesé ; on le lave , on le sèche , et on le pèse. D'après la théorie , ce sulfure devrait contenir 60,6 p. c. de métal ; mais on ne l'obtient pas libre de soufre en excès et d'humidité , et en outre il s'oxide un peu pendant qu'on le dessèche. D'après quelques expériences avec des quantités pesées , j'ai trouvé que ce sulfure d'osmium , tel qu'on l'obtient dans l'expérience décrite, contient de 50 à 52 pour cent d'osmium. La quantité d'osmium est ordinairement si petite que ce n'est d'aucune importance pour l'analyse, si on fait, dans le calcul de la quantité de métal dans ce sulfure, une faute de quelques centièmes.

Nous revenons à la solution métallique. Il arrive quelquefois qu'après la dissolution de la masse saline , la liqueur sent le chlore ; ce qui provient de la décomposition du perchlorure de palladium. Il faut , dans ce cas , mettre la solution en digestion jusqu'à ce que toute odeur de chlore ait disparu. Si la liqueur se troublait , ce serait par de l'oxide de palladium , qu'il faut redissoudre ; on filtre ensuite la liqueur avec un filtre pesé , qui retient les matières insolubles , composées de grains et de petites écailles d'osmiure d'iridium , de sable et autres matières qu'on ne peut séparer avant l'analyse. Quelquefois on obtient de plus une poudre noire ressemblant à du charbon , qui passe facilement à travers les filtres dans les lavages ; c'est de l'oxide d'iridium. On l'obtient principalement quand l'eau régale contient trop d'acide nitrique ; pendant la concentration de la solution saline, cet acide oxide l'iridium et cause un dégagement de chlore. Il n'est plus alors possible d'obvier à cet inconvénient, parce qu'on ne peut

séparer l'iridium de l'osmiure d'iridium, tous d'eux n'étant solubles dans aucun dissolvant. C'est pourquoi il faut tâcher de prévenir cet inconvénient dès l'origine.

On ajoute à la liqueur filtrée le double de son volume d'alcool de 0,833 de densité ; ce qui fera environ 60 pour cent de son volume en alcool : on ajoute alors une solution concentrée de chlorure de potassium dans l'eau tant qu'il se précipite quelque chose. Le précipité est composé de perchlorures doubles de potassium et de platine et d'iridium, souillés par celui de rhodium et un peu de celui de palladium, qu'ils retiennent de la même manière que tous les cristaux retiennent un peu des sels des eaux-mères. Le précipité est d'un beau jaune-citron, s'il ne contient pas d'iridium ; mais il a toutes les nuances de rouge, de jaune-brun, jusqu'au rouge de cinabre, s'il contient de l'iridium. On le jette sur un filtre et on le lave avec de l'esprit-de-vin, contenant 60 centièmes d'alcool, auquel on a ajouté un peu d'une solution concentrée de chlorure de potassium ; on le lave jusqu'à ce que les dernières portions filtrées ne soient pas précipitées par l'hydrogène sulfuré. Les opérations analytiques se divisent ensuite : *A* en traitement du précipité lavé; et *B* en traitement de la liqueur alcoolique.

*A. Le sel double lavé* étant desséché est mêlé très-exactement avec un poids égal de sous-carbonate de soude. Le filtre, avec ce qu'on n'a pu enlever est brûlé, et les cendres, après avoir été mêlées avec un peu de carbonate de soude, sont ajoutées au reste. Le tout est mis dans un creuset de porcelaine et chauffé très-doucement jusqu'à ce que toute la masse soit devenue

noire. Quand on fait cette expérience dans un creuset de platine, on s'expose au danger, et cela arrive très-facilement, que la masse du creuset transforme, par l'influence de l'alcali, les perchlorures en proto-chlorures, et on obtient dans l'analyse un surplus inattendu.

Dans cette opération, les sels doubles de l'alcali sont décomposés; le platine, dont l'oxigène se dégage avec l'acide carbonique, se réduit, et l'iridium et le rhodium restent oxidés dans un état qui permet d'en séparer le platine par la dissolution. Si, au lieu de cela, on précipite, comme à l'ordinaire, par le sel ammoniac; le rhodium et l'iridium sont réduits avec le platine; en chauffant le précipité dans un creuset, et en traitant après par l'eau régale, ils se redissolvent.

La masse saline chauffée est traitée par l'eau. Quand la plus grande partie du sel est enlevée, on ajoute de l'acide muriatique étendu pour enlever l'alcali contenu dans les oxides d'iridium et de rhodium; après, on lave, on sèche et on calcine. On peut brûler le filtre, et défalquer le poids des cendres; mais il faut le brûler séparément, afin que les oxides ne soient pas réduits par les gaz inflammables dégagés du papier. Ensuite, on pèse la masse; on la fond, comme je l'ai déjà dit à l'article du rhodium, avec cinq à six fois son poids de sulfate acide de potasse dans un creuset de platine; on répète ce traitement plusieurs fois, tant que le flux se colore encore. La quantité du rhodium peut être déterminée de deux manières : 1° on lave, on calcine, et on pèse le platine non dissous, et la perte donnera l'oxide de rhodium qui contient 71 pour cent de métal; 2° on

ajoute à la solution du sel acide de rhodium, du carbonate de soude en excès, on l'évapore et on calcine le sel dans un creuset de platine. En le dissolvant dans l'eau, l'oxide de rhodium reste; on le filtre, on le lave, on le brûle avec le filtre, on le réduit par l'hydrogène, et on pèse le métal obtenu. On fera bien d'employer les deux méthodes ensemble. Le rhodium, ainsi obtenu, contient quelquefois du palladium, que l'on enlève par l'eau régale, et qu'on précipite par le cyanure de mercure, après avoir neutralisé sa dissolution. Le poids du palladium obtenu est défalqué de celui du rhodium.

Le chlorure étant séparé, on traite la masse métallique par l'eau régale, tellement étendue, que pendant la digestion elle ne dissolve que le platine. La solution est très-obscure par de l'oxide d'iridium en suspension; mais, reposée, elle a une couleur jaune pure. Après l'avoir décantée, on verse de l'eau régale concentrée, mêlée avec du sel marin sur le résidu, et on évapore la liqueur à siccité. Le sel marin est ajouté pour empêcher la formation de proto-chlorure de platine. Cet acide plus concentré dissout un peu d'iridium; mais si l'on ne l'employait pas, une quantité notable de platine resterait dans l'iridium. En dissolvant la masse desséchée dans l'eau, l'oxide d'iridium reste; si on lave avec de l'eau pure, elle passe trouble; on doit, pour séparer la solution de platine, laver avec une solution faible de sel marin, et finir avec la solution faible de sel ammoniac, dont on chasse le reste par la calcination. Le résidu, lavé, est brûlé avec le filtre, réduit par l'hydrogène, et pesé. La solution du sel de soude, qui contient de l'iridium, est mêlée avec du sous-carbo-

nate de soude, évaporée et calcinée. On obtient un mélange de platine et d'oxide d'iridium, qu'on purifie de sel par des lavages, et qu'on traite après par l'eau régale, qui laisse l'oxide d'iridium.

L'ammoniaque caustique précipite encore de la solution, une trace d'oxide d'iridium brun, qui, cependant, n'est pas tout-à-fait exempt de platine. L'oxide d'iridium est réduit et le métal ajouté au premier. Pour obtenir le poids du platine, il faut défalquer du poids commun du platine, de l'oxide d'iridium et de l'oxide de rhodium, le poids de l'oxide de rhodium. Ensuite on ajoute à l'iridium obtenu 12 p. c., de son poids, pour obtenir le poids de l'oxide d'iridium, et on le soustrait du poids restant du platine. En réduisant le platine de ces dissolutions pour en déterminer le poids, on allongerait inutilement les opérations sans rien gagner en exactitude.

B. *Traitement de la liqueur alcoolique.* On verse cette liqueur dans un flacon bouché à l'émeri, et on y fait passer de l'hydrogène sulfuré, jusqu'à ce qu'elle soit saturée. On bouche ensuite le flacon, et on le laisse pendant 12 heures dans un lieu chaud; tous les sulfures seront alors précipités. Quelquefois la liqueur reste rouge par du sesqui-perchlorure de rhodium ou d'iridium. La liqueur étant filtrée et l'alcool évaporé, il se dépose encore du sulfure qu'on ajoute au premier. C'est un mélange de sulfure d'iridium, de rhodium, de palladium et de cuivre; la liqueur contient du fer, un peu d'iridium et du rhodium avec une trace de manganèse. En évaporant l'alcool il se dépose dans le vase un sulfure comme gras, d'une odeur fétide, qu'on ne peut détacher par l'eau. Après en avoir séparé complètement la solu-

tion, on verse un peu d'ammoniaque caustique dans la capsule, qui le dissout : la solution est versée dans un creuset de platine et évaporée à sec ; ensuite on y met les sulfures humides et on les grille dans le creuset tant qu'il se dégage de l'acide sulfureux. Après le grillage on verse sur la masse, de l'acide muriatique concentré, qui se colore en vert, ou vert jaunâtre, en dissolvant du sous-sulfate de cuivre et du sous-sulfate de palladium. Les oxides de rhodium et d'iridium, et un peu de platine restent indissous.

La solution muriatique est mêlée avec du chlorure de potassium et de l'acide nitrique, et on l'évapore à siccité. On obtient une masse saline brune, composée de chlorure de potassium, de perchlorure de cuivre et de potassium, et de perchlorure de palladium et de potassium. Les deux premiers de ces sels étant solubles dans l'alcool de 0,833 de densité, on les enlève par ce dissolvant, et le sel de palladium qui est indissout est jeté sur un filtre pesé, et lavé à l'alcool. Il contient 28,84 p. c. de palladium. On peut aussi dissoudre la masse saline dans l'eau bouillante et la précipiter par le cyanure de mercure, et déterminer la quantité de palladium de cette manière; mais c'est plus long. Cependant elle mérite la préférence, quand il faut enlever trop de chlorure de potassium par l'alcool.

La solution alcoolique du sel de cuivre contient une trace de palladium, qu'on peut tout-à-fait négliger. La solution est évaporée pour chasser l'alcool, et le cuivre est précipité par la potasse caustique ou par le fer, après avoir ajouté de l'acide sulfurique. Veut-on extraire le palladium de ce cuivre? on le dissout dans l'acide nitri-

que, on neutralise la solution et on y ajoute du cyanure de mercure, qui cause quelquefois un précipité très-insignifiant de cyanure de palladium contenant du cuivre, qu'on filtre, qu'on calcine avec le filtre et qu'on pèse. Ordinairement il n'est pas dosable.

Avant que je connusse le perchlorure de palladium et de potassium, j'essayai de précipiter le palladium par le cyanure de mercure, mais je trouvai que ce réactif produit dans une dissolution de palladium contenant du cuivre, un précipité verdâtre qui devient brun pendant qu'on le sèche, et qui contient du cuivre. Je ne savais alors d'autre moyen que de combiner les métaux avec l'acide sulfurique, d'évaporer à siccité, et de calciner doucement le sel pendant quelque temps; le sel de palladium se changeait en sous-sulfate qui était insoluble dans l'eau.

Mais cette opération demande beaucoup de précautions, pour que le sel de cuivre ne soit pas décomposé par une chaleur trop forte, ou que le sel de palladium ne reste pas indécomposé par une chaleur trop faible.

Les sulfures grillés que l'acide muriatique ne dissout pas, sont fondus avec du sulfate acide de potasse, tant que le flux se colore encore. Ils contiennent beaucoup plus de rhodium que le perchlorure de platine et de potassium précipité dans le commencement de l'analyse, et on les traite, comme je l'ai déjà dit, pour un reste de palladium, qui s'y trouve ordinairement. La masse épuisée par le sulfate acide de potasse est traitée par l'eau régale, qui dissout un peu de platine et laisse de l'oxide d'iridium.

La liqueur évaporée, qu'on a précipitée par l'hydrogène

sulfuré, ne contient que du proto-chlorure de fer, un peu d'iridium et de rhodium et une trace de manganèse. On y ajoute une quantité suffisante d'acide nitrique et on la fait bouillir pour oxider complètement le fer. Ensuite on précipite l'oxide de fer par l'ammoniaque caustique. Cet oxide de fer contient de l'iridium et du rhodium tous les deux dans un tel état, que l'acide muriatique les dissout avec l'oxide de fer ; il reste un peu de silice provenant d'un minerai siliceux, dont le platine brut contient quelques grains, cependant la quantité en est trop petite pour qu'on doive la calculer. On réduit le fer par l'hydrogène, et on dissout le métal dans l'acide muriatique qu'on chauffe à la fin. Il reste alors une petite quantité d'une poudre noire, qui contient les métaux dans un état encore mal déterminé, parce qu'elle décrépite avec incandescence lorsqu'on l'expose à une chaleur très-basse. Dans un vase clos elle donne beaucoup d'eau sans incandescence. On la pèse après l'avoir calcinée à l'air libre, et alors elle a le même degré d'oxidation que le peroxide de fer. On soustrait son poids de celui du peroxide de fer, et d'après le poids du dernier on calcule celui du fer.

La liqueur précipitée par l'ammoniaque contient encore de l'iridium et du rhodium. Après y avoir ajouté la quantité de carbonate de soude suffisante pour décomposer les sels d'ammoniaque, on l'évapore à sec, et on chauffe le résidu jusqu'à ce qu'il rougisse faiblement. Alors on dissout le sel dans l'eau qui laisse les oxides métalliques indissous. Si on chauffe trop, la solution saline devient jaune et tient un peu des oxides en dissolution. On peut éviter cet inconvénient par une chaleur modérée. La quantité de manganèse dans les oxides métalliques

est à peine suffisante pour être reconnue, et dans un échantillon de deux grammes absolument impondérable. On l'extrait par l'acide muriatique des oxides lavés.

Pour éviter un trop grand nombre de petites opérations, je réserve les oxides de rhodium et d'iridium, obtenus de l'oxide de fer et de la masse saline, jusqu'au traitement des sulfures par le sulfate acide de potasse, auxquels je les ajoute pour les analyser avec eux.

*Analyse du minerai de platine, de Nischne Tagilsk et de Goroblagodat, dans l'Oural.*

1. *Nischne Tagilsk.* Ce minerai de platine a une couleur grise obscure, et contient beaucoup de grains magnétiques, dont une partie a de la polarité, et les plus grands à un tel degré, qu'ils soulèvent de petits morceaux de fil d'acier.

J'ai analysé séparément les grains magnétiques et non magnétiques. Les résultats de plusieurs analyses ne s'accordent pas tout-à-fait; cependant ils diffèrent si peu qu'ils prouvent évidemment que les grains magnétiques et non magnétiques possèdent une composition particulière et constante. Je ne citerai qu'une de ces analyses, et je choisirai celle que je crois la plus sûre.

| | Grains non magnétiques. | Grains magnétiques. |
|---|---|---|
| Platine.......... | 78,94 | 73,58 |
| Iridium......... | 4,97 | 2,35 |
| Rhodium........ | 0,86 | 1,15 |
| Palladium.... ... | 0,28 | 0,30 |
| Fer............. | 11,04 | 12,98 |
| Cuivre.......... | 0,70 | 5,20 |
| Osmiure d'iridium, | | |
| en grains..... | 1,00 | .... |
| en écailles..... | 0,96 | .... |
| Matières insolubles. | .... | 2,30 (1) |
| | 98,75 | 97,86. |

2. *Goroblagodat.* Ce minerai est entièrement non magnétique et remarquable en ce qu'il ne contient point d'iridium. Cependant je dois remarquer que j'en ai trouvé une trace dans un échantillon, et qu'il peut se trouver çà et là, mais rarement, des grains contenant de l'iridium.

| | |
|---|---|
| Platine............. | 86,50; |
| Rhodium........... | 1,15; |
| Palladium........ . | 1,10; |
| Cuivre............. | 0,45; |
| Fer................ | 8,32; |
| Osmiure d'iridium... | 1,40. |
| | 98,92. |

(1) Mélange d'osmiure d'iridium en grains et en écailles avec du sable.

Dans ces trois analyses une partie de la perte consiste en osmium, qui distille, pendant la solution dans l'acide. Cependant je n'ai cru devoir en déterminer la quantité que d'une manière approximative, parce que les expériences citées sur l'osmium faisaient la dernière partie de mon travail.

*Analyse du minerai de platine de Barbacoas dans la province d'Antioquia de la Colombie.*

Ce minerai de platine consiste en grains qui pèsent souvent presqu'un gramme, entremêlés avec une moindre quantité de plus petits. J'ai trouvé pour les plus gros grains la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Platine....... | 84,30 ; |
| Rhodium..... | 3,46 ; |
| Iridium...... | 1,46 ; |
| Palladium.... | 1,06 ; |
| Osmium...... | 1,03 ; |
| Cuivre....... | 0,74 ; |
| Fer.......... | 5,31 ; |
| Quarz....... | 0,60 ; |
| Chaux....... | 0,12. |
| | 98,08. |

# Relation *d'une Série d'expériences faites dans le but de construire un télescope achromatique à lentille concave fluide, pour remplacer les lentilles ordinaires de flint-glass.*

Par Mr Pierre Barlow,
Membre de la Société royale.

(Tiré *des Transactions philosophiques.*)

Vous savez que j'ai été pendant quelque temps occupé d'une suite d'expériences relatives à la construction de télescopes achromatiques fluides, et que j'ai réussi, avec l'aide de MM. Gilbert, à construire deux instrumens de cette espèce; l'un de trois pouces, l'autre de six pouces d'ouverture. Vous savez aussi que j'avais l'intention de présenter ces instrumens aux membres du bureau des longitudes; j'espérais que, s'ils en approuvaient la construction, ils pourraient être portés à en commander un semblable (mais sur une échelle beaucoup plus grande que celle de tous les instrumens pareils exécutés jusqu'à ce jour); j'en aurais surveillé la construction avec le plus grand plaisir.

Il est douteux cependant que je puisse actuellement continuer ces expériences (1); je souhaite en consé-

(1) Depuis que ce rapport a été lu, mon Mémoire a été présenté au Bureau des longitudes, et les expériences se poursuivent.

quence faire connaître le point où je suis arrivé, les résultats obtenus, et le but que j'avais en vue : j'ai l'espoir que cette communication ne sera pas jugée indigne d'occuper une place dans les transactions philosophiques.

Ces expériences datent peut-être d'une tentative faite par les opticiens cités ci-dessus, d'appliquer les règles et les principes exposés par M. Herschel, dans les *Transactions philosophiques* de 1821, art. 17, pour la construction des objectifs *aplanatiques*. Ces essais conduisirent à ceux que j'ai décrits dans les *Transactions philosophiques* de 1827; art. 15. En les continuant, l'expérience me donna un exemple bien frappant de la grande difficulté d'obtenir du flint-glass de dimensions et de pureté convenables aux télescopes astronomiques. Ceci m'amena à examiner la possibilité de substituer les lentilles fluides aux lentilles de flint-glass. Le Dr Blair, il y a plusieurs années, avait projeté la construction d'objectifs fluides; on dit qu'il avait réussi à faire des lunettes de cette espèce très-parfaites. Cependant, dans ces recherches, ses vues n'étaient pas les mêmes que les miennes : il conservait les lentilles de flint-glass; son seul objet était de détruire ce qu'on appelle le spectre secondaire, dû à la non-proportionnalité des espaces colorés dans les spectres du flint et du crown-glass, comparés aux pouvoirs réfringens respectifs; tandis que mon but était de renoncer entièrement au flint-glass, en lui substituant un milieu fluide doué de puissances réfractive et dispersive nécessaires.

Un grand nombre de fluides peuvent être employés de cette manière. La première chose était de déterminer

parmi eux le plus approprié au but proposé. Dans cette vue, j'entrepris l'examen des propriétés de différens acides, huiles, etc.; je fus définitivement conduit à essayer le sulfure de carbone; il me parut sur-le-champ devoir être préféré, et posséder presque toutes les qualités que je pouvais désirer : il est doué d'un pouvoir pouvoir de réfraction presque égal à celui du meilleur flint-glass, joint à une puissance de dispersion plus que double; il est tout-à-fait incolore, d'une belle transparence; quoique très-expansible, il jouit entièrement, ou à bien peu de chose près, quand il est hermétiquement enfermé, des mêmes propriétés optiques (1) sous toutes les températures auxquelles il peut être vraisemblablement exposé dans des observations astronomiques; à moins toutefois qu'on ne trouve que, dans quelques cas fort rares, des observations directes sur le disque du soleil ne soient impossibles. Sa grande puissance dispersive lui donne aussi un avantage que ne peut avoir aucun verre, quoique la nature solide de cette dernière matière doive probablement toujours la faire préférer dans la construction des lunettes. Je désire qu'on entende bien que je ne propose pas de renoncer, dans ces instrumens, à l'usage du flint-

---

(1) Il peut être à propos de remarquer que, entre la température de 31° Fahrenheit en février, de 84° en août, et de 31° en décembre ou en novembre, je ne trouvai point de déplacement appréciable dans l'index qui indiquait la longueur focale du télescope. Le fluide a même été mis dans un état d'ébullition par l'application d'un fer rougé; en quelques minutes, il est redevenu transparent, et le foyer est resté exactement ou à peu de chose près le même.

glass ; mais simplement que je veux lui donner un remplaçant précieux, lorsqu'on ne peut obtenir ce cristal suffisamment grand et pur, ou quand on ne peut l'acquérir qu'à un prix qui limitera toujours la possession d'une puissante lunette astronomique à un petit nombre d'individus et à des sociétés publiques.

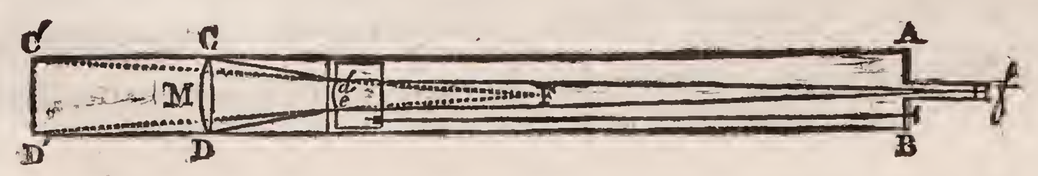
Ayant donc, comme je viens de le rapporter, choisi le fluide, mon premier soin fut de déterminer les meilleurs moyens de le renfermer ; plusieurs essais furent couronnés enfin d'un succès satisfaisant. J'entrepris tout de suite un télescope de 6 pouces d'ouverture et de 7 pieds de long ; mais, après plusieurs tentatives que des difficultés imprévues rendirent infructueuses, j'y renonçai, et j'en commençai un de 3 pouces d'ouverture : cette fois-ci, je fus plus heureux. A l'aide de cet instrument, d'une construction grossière, muni de verres communs et mal assujettis, je séparai un grand nombre d'étoiles doubles, de la classe que sir W. Herschel a indiquée pour éprouver la portée d'un bon télescope à réfraction de 3 pouces et demi. Avec cet instrument, je pus voir la petite étoile de la Polaire, à l'aide d'un grossissement de 46 fois ; et, avec un plus fort grossissement, plusieurs étoiles qui ont la réputation d'exiger un bon télescope, par exemple, 70 p. d'Ophiucus, 39 du Bouvier, l'étoile quadruple $\varepsilon$ de la Lyre, $\zeta$ du Verseau, $\alpha$ d'Hercule, etc. Encouragé par mon succès, je tentai l'objectif de 6 pouces, avec une méthode différente d'ajuster et de fixer les lentilles. Je regarde le résultat de mes essais comme démontrant parfaitement la possibilité d'une pareille construction. On doit ici faire la part des imperfections d'une première tentative de construction

nouvelle sur une échelle considérable ; qui donne, à la vérité, la preuve de l'application possible du principe, mais non le complément de l'expérience. A travers cet instrument, la petite étoile de la Polaire est si distincte et si brillante avec un grossissement de 143, que son passage peut être saisi avec la plus grande certitude. Les petites étoiles dans α de la Lyre, Aldebaran, Rigel, ε du Bouvier, etc., sont aperçues très-distinctement. Parmi les plus grandes des étoiles doubles rapprochées, on termine très-bien avec un grossissement de 300, Castor et γ du Lion; et parmi les plus petites des étoiles doubles, je puis citer ω du Cocher, 52 d'Orion, ζ d'Orion, et une multitude d'autres de la même classe. On distingue très-nettement les bandes et le double anneau de Saturne avec un grossissement de 150 fois ; on reconnaît assez bien, avec le même grossissement, les bandes et les Satellites de Jupiter ; mais ces astres ne supporteraient pas un grossissement au-dessus de 200, dans la position actuelle qui n'est certainement pas favorable. Les disques des deux planètes sont assez blancs, les bandes et les ombres bien marquées ; mais dans Jupiter, et peut-être aussi dans Saturne, il y a un reste de couleur sur le bord du disque. Au demeurant, je reparlerai de ceci après avoir décrit mon principe de construction.

Dans la construction ordinaire des lunettes achromatiques, les deux ou trois lentilles composant l'objectif, sont mises en contact immédiat. Dans le télescope fluide proposé par le D[r] Blair, la construction était pareille : on renfermait le fluide dans l'objectif même. On ne peut apporter aucun changement avantageux à cette disposition, parce que le rapport des pouvoirs dis-

persifs des différens verres, dans le premier exemple, et du verre et du fluide dans le second, est trop faible pour permettre d'introduire le correctif d'un milieu concave, assez loin en arrière pour obtenir un avantage sensible. Mais avec le sulfure de carbone le cas est très-différent : le rapport des pouvoirs dispersifs varie alors (suivant le verre employé) entre les limites 299 et 334; cette circonstance m'a permis de placer la lentille fluide corrective à une distance de la lentille plane égale à la moitié de la longueur du foyer ; j'aurais encore pu la porter plus loin en arrière, et avoir néanmoins un pouvoir dispersif suffisant pour rendre l'objectif achromatique. Cependant, par ce moyen, la lentille fluide, qui est la partie de l'instrument la plus difficile à construire, est réduite à la moitié de la grandeur de la lentille plane, peut-être même à une dimension moindre. La construction d'un télescope de 10 ou 12 pouces d'ouverture n'offre donc pas une plus grande difficulté d'exécution que celle d'un télescope ordinaire de 5 ou 6 pouces d'ouverture, excepté dans la simple lentille de crown elle-même; et, ce qu'on jugera peut-être d'une plus grande importance, un télescope de cette espèce, de 6 ou 12 pieds de long, aura la puissance focale d'un télescope ordinaire de 16 ou 20 pieds.

Ainsi nous pouvons, par ce moyen, diminuer le tube de plusieurs pieds, et néanmoins posséder une puissance de foyer plus considérable que celle que pourrait avoir un instrument construit d'après le principe en usage. Le dessin ci-dessous fera mieux comprendre ce que je dis.



Dans cette figure, *ABCD* représente le tube du télescope de 6 pouces; *CD*, l'objectif de verre; *F*, le premier foyer des rayons; *de*, la lentille concave, distante de la précédente de 24 pouces. La longueur du foyer *MF* étant de 48 pouces, le diamètre de la lentille fluide est conséquemment 48 : 6 :: 24 : 3 pouces. Le foyer composé résultant est 62,5 pouces; il est donc évident que les rayons *df*, *ef*, arrivent au foyer sous la même convergence et avec la même clarté que s'ils provenaient d'une lentille de 6 pouces de diamètre, placée à une distance au-delà de l'objectif *CD* (comme *C'D'*), déterminée par le prolongement des rayons jusqu'aux côtés du tube continué en *C'D'*, c'est-à-dire, à 62,5 pouces au delà de la lentille fluide. Il est donc clair que les rayons convergeront comme ils le feraient d'un objectif *C'D'* de l'espèce ordinaire avec un foyer de 10 pieds 5 pouces. De cette manière nous avons donc raccourci le tube de 38,5 pouces, ou nous avons au moins l'avantage d'un foyer de 38,5 pouces plus long que notre tube. Le même principe peut être poussé beaucoup plus loin, de manière à réduire la longueur ordinaire des télescopes à réfraction de près d'un tiers, sans rendre l'aberration dans le premier verre plus considérable que la moindre qui puisse exister dans un télescope de l'espèce ordinaire dans les plus grandes dimensions. Il faut cependant remarquer que l'ajustement pour le foyer peut être fait soit dans le système ordinaire, soit par un léger mouvement de la lentille fluide, comme cela s'obtient dans le télescope de Grégory au moyen du petit miroir. Dans le dernier cas, l'oculaire est fixe, ce qui probablement sera convenable dans les observations astronomiques à cause de la grande délicatesse de l'ajustement.

Outre ces avantages, résultant de mon système de construction, je suis porté à espérer qu'on peut en retirer un autre très-important (avantage que cependant je n'ai point été jusqu'à présent à même de démontrer par l'exécution); savoir, la réduction à zéro ou à peu de chose près*, de ce qu'on a nommé le *spectre secondaire*. Afin d'examiner la possibilité de ce que j'avance, considérons d'abord les deux lentilles en contact, et recherchons les conditions requises pour faire coïncider le violet, le rouge et le rayon intermédiaire, ce dernier pouvant être considéré comme la limite entre la partie rouge et la partie violette du spectre. Soit $f$ la longueur focale du rayon moyen dans la lentille de crown; soit $r$, l'étendue de l'image au-delà de ce foyer moyen, c'est-à-dire, au côté rouge du spectre, le foyer extrême étant $f+r$: supposons que $f'$, $r'$, et conséquemment $f'+r'$, soient l'expression des distances correspondantes dans la lentille fluide corrective. Pour que le rayon rouge puisse coïncider avec le rayon vert, nous devons avoir,

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{f+r} - \frac{1}{f'+r'}, \text{ mais}$$

$$\frac{1}{f+r} = \frac{1}{f} - \frac{r}{f(f+r)} \text{ et}$$

$$\frac{1}{f'+r'} = \frac{1}{f'} - \frac{r'}{f'(f'+r')}, \text{ donc, lorsque}$$

$$\frac{1}{f} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{f+r} - \frac{1}{f'+r'}, \text{ nous aurons}$$

$$\frac{r}{f(f+r)} = \frac{r'}{f'(f'+r')}; \text{ et en conséquence}$$

$$f:f' :: \frac{r}{f+r} : \frac{r'}{f'+r'},$$

c'est-à-dire que les longueurs moyennes des foyers doivent être entre elles comme les parties rouges des images focales divisées par les longueurs focales du rayon rouge, ou comme les puissances dispersives pour ce côté du spectre, dans chaque lentille.

De même, si nous représentons par $v$ et $v'$ la longueur de la partie violette de chaque foyer; alors, pour que le rayon violet et le rayon vert coïncident, nous devons avoir

$\frac{1}{f} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{f - v} - \frac{1}{f' - v}$; et comme précédemment, nous trouverons que ceci ne peut avoir lieu que quand

$\frac{v}{f(f-v)} = \frac{v'}{f'(f'-v')}$, ou lorsque

$f \cdot f' :: \frac{v}{f-v} : \frac{v'}{f'-v'}$; d'où, pour unir ces trois couleurs, les conditions doivent être telles que

$$\frac{r}{f+r} : \frac{v}{f-v} :: \frac{r'}{f'+r'} : \frac{v'}{f'-v'};$$

mais comme $f$, $r$ et $v$, dans un cas, et $f'$, $r'$ et $v'$, dans l'autre, sont dépendans et proportionnels dans chaque foyer respectif, si ces proportions ne résultent pas des propriétés naturelles des deux milieux, elles ne peuvent être produites par l'art tant que les lentilles sont en contact; mais, lorsque la partie violette provenant de la lentille corrective ou concave, dépasse la partie rouge plus que dans l'image produite par la lentille convexe le rouge ne dépasse le violet, si le rapport des pouvoirs dispersifs est assez grand pour permettre que les lentilles soient suffisamment séparées, leur distance peut alors être déterminée de manière à ce que la proportion ci-

dessus soit satisfaite ; on peut donc réunir ces trois rayons dans un foyer commun, ou au moins approcher de ce résultat.

Soit $d$ la distance des lentilles, et soit encore $f$ le foyer du crown ; le foyer négatif doit alors être réduit jusqu'à ce que

$$\frac{(f-d)^2}{ff'} = \text{la dispersion (1).}$$

Supposons trouvée la longueur que nous avons nommé $f'$ ; $r'$ et $v'$ représentant les mêmes choses que précédemment, le rapport de

$$\frac{r'}{f'-r'} \text{ à } \frac{v'}{f'-v'} \text{ ne variera pas.}$$

Mais le foyer coloré de la lentille plane restant le même qu'auparavant, tandis que le foyer moyen est changé de $f$ en $f-d$ ; nous devons alors, pour que les trois rayons se confondent, avoir

$$\frac{r}{f-d+r} : \frac{v}{f-d-v} :: \frac{r'}{f'+r'} : \frac{v'}{f'-v'},$$

Les deux derniers termes restant dans le même rapport, les deux premiers peuvent varier *ad libitum* quand on changera la valeur de $d$ ; ce qui n'influera en rien sur le rapport des derniers termes, quoique les valeurs de $f'$, $r'$ et $v'$ doivent nécessairement varier à chaque changement dans la valeur de $d$.

Supposons que la raison constante des derniers termes soit $m:n$ ; nous aurons, pour trouver $d$,

$$\frac{r}{f-d+r} : \frac{v}{f-d-v} :: m:n \text{ ; ou } \frac{nr}{f-d+r} = \frac{mv}{f-d-v} ;$$

(1) *Transactions philosophiques*, 1827, art. XV.

cela nous donne :

$$d = \frac{mvf + mvr - nrf + nvr}{mv - nr}.$$

Si maintenant nous prenons $a'$, $a''$, $a'''$ pour représenter les pouvoirs réfringens pour les rayons rouge, vert et violet dans la lentille plane, nous trouverons que $f$, $r$ et $v$ sont entre eux comme

$$1,\ \frac{a'' - a'}{a'} \text{ et } \frac{a''' - a''}{a''};$$

substituant ces valeurs proportionnelles aux lettres ci-dessus, notre expression devient

$$d = fa'' \left\{ \frac{m(a''' - a'') - n(a'' - a')}{ma'(a''' - a'') - na'''(a'' - a')} \right\}.$$

De même, si $\alpha'$, $\alpha''$, $\alpha'''$ représentent les pouvoirs réfringens pour les rayons rouge, vert et violet dans la lentille corrective, nous trouverons

$$\frac{r'}{f' + r'} : \frac{v'}{f' - v'} :: m : n :: \alpha'' - \alpha' : \alpha''' - \alpha''.$$

Ce dernier rapport peut en conséquence remplacer celui de $m$ à $n$.

La formule devient alors

$$d = fa'' \left\{ \frac{(\alpha'' - \alpha')(a''' - a'') - (\alpha''' - \alpha'')(a'' - a')}{(\alpha'' - \alpha')(a''' - a'')a' - (\alpha''' - \alpha'')(a'' - a')a'''} \right\},$$

expression de la distance $d$ en fonction des pouvoirs réfringens et de la distance focale seulement. Dans le verre (crown-glass), suivant Fraunhofer, $a' = 0{,}515$, $a'' = 0{,}525$ et $a''' = 0{,}535$.

Ces valeurs substituées donnent

$$d = f \left\{ \frac{(\alpha'' - \alpha') - (\alpha''' - \alpha'')}{0.981(\alpha'' - \alpha') - 1.019(\alpha''' - \alpha'')} \right\}.$$

Dans le flint-glass, suivant la même autorité, $\alpha'=0,602$, $\alpha''=0,620$, $\alpha'''=0,640$; en substituant ces ces nombres, nous obtiendrons $d=0,734f$, distance impraticable dans ce cas, parce que la force de dispersion du flint-glass n'est pas assez puissante pour corriger la lentille plane quand elle est si éloignée.

Si les pouvoirs réfringens eussent été 0,602, 0,621 et 0,640, nous aurions trouvé $d=0$, et les lentilles auraient été en contact. Un changement de 0,001 dans l'index de réfraction du rayon vert, porte donc les distances des lentilles de 0 à près des $\frac{3}{4}$ du foyer total de la lentille de crown; conséquemment la fixation de la distance propre à combiner les trois couleurs, quand les milieux permettent cet effet, dépend de la détermination la plus délicate des réfrangibilités des rayons rouge, vert et violet; celles-ci étant ainsi fixées, et le pouvoir dispersif du milieu étant assez considérable, on peut obtenir la coïncidence la plus complète.

Le sulfure de carbone est-il renfermé ou non dans cette limite? Voilà ce que je ne puis dire actuellement. J'ai essayé de trouver les réfrangibilités des couleurs au moyen d'un prisme; mais il est extrêmement difficile de déterminer les limites des différentes bandes; et peut-être, après tout, le meilleur moyen consiste-t-il dans des tâtonnemens sur le télescope lui-même. Craignant dans le commencement de pousser trop loin l'écartement des lentilles, mon premier essai consista à éloigner très-peu la lentille fluide de la lentille plane, et la quantité de couleur non détruite fut très-grande. Je tentai ensuite une distance de 18 pouces, et la coloration fut

beaucoup moindre que précédemment, mais encore trop grande. L'expérience, à cette distance, eut pour témoin le capitaine Kater. J'écartai ensuite les lentilles de 24 pouces; cette fois, j'eus pour spectateur le professeur Airy; il découvrit encore quelque coloration : cependant mon œil n'en était point frappé, à moins que le télescope ne fût dirigé avec un grand grossissement vers Jupiter, Vénus ou quelque étoile brillante. M. South et le capitaine Beaufort, également présens à ces expériences, ne s'aperçurent point sensiblement de ce défaut.

La diminution graduelle du violet extérieur à mesure qu'on éloigne les lentilles depuis le point de contact jusqu'à 24 pouces d'écartement, me fait soupçonner qu'à une distance de 32 pouces (la plus grande peut-être à tenter avec un foyer de 48 pouces pour ma lentille de crown), le rouge disparaîtrait, et que, dans ce cas, le point convenable serait entre ces limites.

L'expérience cependant doit vérifier ce soupçon. Si cette présomption se réalise, voici quelle sera l'énumération des avantages de ce télescope :

1°. Il nous rend indépendans du flint-glass;

2°. Il nous permet d'augmenter l'ouverture du télescope d'une manière considérable;

3°. Il nous donne toute la lumière, tout le champ et tout le pouvoir focal d'un télescope dont le tube serait une fois et demie au moins, peut-être même deux fois aussi long;

4°. Il nous fait présumer que des expériences ultérieures nous feront trouver pour les lentilles une dis-

tance telle qu'elle réduise ce qu'on a nommé le *spectre secondaire* (inséparable de la construction ordinaire), soit à zéro, soit à une quantité fort peu considérable.

---

## EXPÉRIENCES *relatives à l'effet de la température sur les pouvoirs de réfraction et de dispersion des fluides expansibles, et à l'influence de ces variations sur un télescope à lentille fluide.*

PAR M^r^ P. BARLOW.

(Lu le 15 mai 1828.)

DANS un Mémoire que j'ai eu l'honneur de présenter à la Société royale, en janvier dernier, Mémoire relatif à la construction de télescopes achromatiques à lentilles fluides, j'ai avancé qu'entre les températures de 31° Fahr et de 84°, je n'avais pu découvrir un changement très-sensible dans la longueur focale du télescope mesurée au moyen d'une échelle. Cependant ces observations ayant été faites à plusieurs mois d'intervalle, je n'étais pas certain que quelque légère variation n'eût point échappé à mon examen. Depuis, au moyen d'une température produite artificiellement, je me suis assuré qu'il y a un faible changement; et que la totalité de ce changement, est égale aux $\frac{135}{1000}$ d'un pouce sur la longueur du télescope employé, entre chacun de ces extrêmes et la température moyenne de 57° Fahr; c'est-à-dire, que l'oculaire du télescope et la lentille fluide étant fixés, comme cela avait

lieu dans cet instrument, la lentille plane demandait un déplacement de 0. 134 de pouce, entre la température de 57° et chacun des extrêmes ci-dessus, pour produire l'image la plus parfaite et la plus brillante.

Cependant, avant de commencer à détailler les résultats de mes recherches sur ce sujet, il convient que je définisse quelques termes qui, dans une ou deux circonstances, paraissent ne point avoir été compris.

1°. La longueur, ou la longueur focale du télescope, est la distance de l'objectif au foyer.

2°. Le foyer fluide, ou la longueur focale fluide, est la distance de la lentille fluide au foyer.

3°. Le pouvoir focal du télescope, ou la longueur focale équivalente, est la longueur focale d'un télescope de construction ordinaire, qui donne la même convergence aux rayons, ou la même image sans couleurs que le télescope en question.

Dans ce qui suit,

$l$ indiquera la longueur du télescope;
$f$ la longueur focale de la lentille de verre
$f'$ la longueur focale de la lentille fluide;
$f''$ la longueur focale fluide,
$f'''$ la longueur focale équivalente;
$d$ la distance des lentilles.

Dans l'espèce de construction particulière dont nous nous occupons maintenant, $f$ et $f''$ restent fixes ou constantes; mais le reste varie pour différentes températures, à cause de l'effet produit par la température dans la valeur de $f'$.

Si nous connaissions le changement dans la valeur de $f'$, ou dans l'échelle de réfringence du fluide pour diffé-

rentes températures, nous pourrions procéder immédiatement à en calculer les effets sur le pouvoir focal du télescope ; mais cette donnée pouvant être regardée comme douteuse, j'ai cherché à déterminer son effet sur le pouvoir du télescope par des observations directes; et j'en ai déduit le changement correspondant dans l'échelle de réfringence du fluide.

Afin de fixer le changement dans la position de l'objectif, nécessité par un certain changement du thermomètre, je plaçai le télescope dans une petite chambre d'environ 12 pieds carrés ; et l'ayant dirigé avec beaucoup de soin vers le cadran d'une montre, à la distance de 150 pieds quand le thermomètre marquait 40° Fah., j'allumai du feu, fermai la chambre, et la température monta graduellement à 75°. J'avais soin de réajuster et de régler le foyer à chaque variation de 5°.

Cependant comme les changemens intermédiaires furent très-petits, il suffira d'établir qu'entre les deux extrêmes, 40 Fah. et 75°, la somme des variations fut les 0.177 d'un pouce : donc, en supposant le changement uniforme pour des variations de température égales, nous trouvons, pour la différence entre la température moyenne de 57°, et les deux extrêmes citées ci-dessus (31 et 84°), une altération dans la longueur du télescope, de 0. 134 de pouce, comme je l'ai établi au commencement de ce Mémoire.

Dans l'instrument sur lequel ces observations furent faites, les valeurs des différentes quantités à la moyenne température de 57° sont les suivantes :

$$f = 32.5\,,\ f' = 32.65\,,\ f'' = 40.5\,,\ l = 54.92\,,$$

$$d = 14.42\,,\ f''' = \frac{ff''}{f-d} = 72.8\,;$$

et puisque par les observations rapportées plus haut, la valeur de $d$ varie de 0.134 de pouce entre la température moyenne et chacune des extrêmes, nous avons dans un cas $d=14.554$, et dans l'autre $d=14.286$. D'où le pouvoir focal du télescope était

$$\text{à } 31^\circ,\ f''' = \frac{ff''}{f-d} = 73.34\,,$$

$$\text{à } 84^\circ,\ f''' = \frac{ff''}{f-d} = 72.28\,;$$

de manière que l'instrument, étant à la température moyenne de 57° et réglé avec un micromètre, demandera une correction d'environ la 3600ème partie de la mesure angulaire pour chaque variation d'un degré dans le thermomètre; c'est-à-dire $\frac{1}{60}$ de seconde pour chaque minute dans l'angle; quantité trop petite pour mériter qu'on s'y arrête, excepté dans des cas d'une extrême délicatesse.

Pour trouver le changement réel dans le foyer de la lentille fluide, qui rendait nécessaires les ajustemens précédens de la lentille plane, nous avons :

$$\frac{1}{f-d} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{f''}\,,\quad \frac{1}{f-d} - \frac{1}{f''} = \frac{1}{f'}\,;$$

dans cette expression $f'' = 40.5$,

$$f-d \text{ à } 31^\circ = 17.946$$
$$f-d \text{ à } 57^\circ = 18.080$$
$$f-d \text{ à } 84^\circ = 18.214\,;$$

et substituant successivement ces valeurs à $f-d$, dans l'expression ci-dessus, nous trouvons :

$$f' \text{ à } 31^\circ = 32.222$$
$$f' \text{ à } 57^\circ = 32.650$$
$$f' \text{ à } 84^\circ = 33.090 ;$$

et puisqu'il a été démontré (*Trans. phil.* 1827, art. XV) que $\frac{(f-d)^2}{ff'}$ = le rapport de dispersion, nous avons :

à 31° dispersion $= 0.3067$
à 57° *id.* $= 0.3075$
à 84° *id.* $= 0.3084$ ;

différence assez petite pour défier l'œil le plus fin et le plus expérimenté. En conséquence, le changement dans le pouvoir amplifiant et la coloration des images est si faible, et la correction qu'il exige (dans le cas où une pareille correction est jugée nécessaire) si facilement faite, qu'un instrument ainsi construit peut, j'espère, être considéré comme tout aussi propre à toutes les belles opérations de l'astronomie moderne, que les télescopes ordinaires de même puissance.

Ce changement si faible dans le pouvoir focal de l'instrument me conduisit à conclure, dans la première partie de mes expériences, qu'aucune variation optique n'avait lieu dans le fluide entre les limites indiquées ci-dessus, ou au moins qu'elle était extrêmement petite. Il paraît cependant, d'après les expériences et les recherches précédentes, que la permanence de l'effet télescopique doit être attribuée à la construction particulière de l'instrument, et que la variation, dans l'échelle de réfringence du fluide, est beaucoup plus considérable que je ne

l'avais imaginé ; car nous avons vu que la longueur focale de la lentille fluide était :

à 31° = 32.22
à 57° = 32.65
à 84° = 33.03 ;

et puisque la longueur focale est, les autres choses restant semblables, en raison inverse de l'échelle, et que l'échelle à 57° est 0.634, nous trouvons

32,22 : 32,65 :: 0,634 : 0,642
33,03 : 32,65 :: 0,634 : 0,626 ;

d'où l'échelle moyenne du sulfure de carbone est

à 31° = 0.642
à 57° = 0.634
à 84° = 0.625 ;

c'est-à-dire qu'avec une variation de température de 53° Fahr., la variation de l'échelle monte à $\frac{0.017}{0.634} = \frac{1}{37}$ partie à peu près de l'échelle entière à 57°.

Ce qui, en supposant le changement uniformément proportionnel sur des limites thermométriques plus éloignées, donne un changement dans l'échelle de réfringence de près de $\frac{1}{10}$ entre 32° et 212°. Maintenant il a été établi d'après des résultats d'expériences (*Dict. chim.* du Dr Ure), que l'expansion du sulfure de Carbone monte à $\frac{1}{9}$ entre les limites ci-dessus. Nous avons donc de fortes raisons pour conclure que dans ce fluide, comme dans les autres fluides expansibles, l'échelle de réfringence varie en raison directe de la densité, la faible différence dans les deux résultats devant être attribuée, avec toute pro-

babilité, à de légères erreurs d'observation dans l'un ou l'autre des deux procédés, si différens entre eux, d'où on les a déduits.

Relativement au rapport des pouvoirs dispersifs, il est probablement le même à toutes les températures; car supposant que $1 : 1 + a$, $1 : 1 + a'$, $1 : 1 + a''$, soient les rapports des sinus d'incidence et de réfraction des rayons extrêmes et moyen du spectre à une température donnée, le pouvoir de dispersion est exprimé par $\frac{a - a''}{a'}$; et comme nous avons vu que l'index moyen $a'$ varie comme la densité du fluide, nous avons fortement raison de supposer que $a$ et $a''$ varient aussi dans la même proportion; s'il en est ainsi, le pouvoir de dispersion restera donc constant; et cette conséquence est vérifiée, autant qu'il est permis à l'œil de juger de la couleur dans le télescope, par les expériences précédentes qui certainement n'indiquent aucune variation perceptible dans la couleur de l'image. Cependant j'ai l'intention d'examiner plus particulièrement ce sujet quand mon grand télescope sera achevé.

Il convient peut-être de remarquer que la forme de l'instrument employé dans les dernières expériences, diffère un peu de la description que j'en ai donnée dans mon premier mémoire: d'abord la lentille de Crown était immobile, et l'ajustement s'obtenait au moyen d'un léger mouvement de la lentille fluide. Actuellement je puis mouvoir à volonté l'une ou l'autre lentille; j'ai préféré quelquefois de fixer le fluide, et de chercher l'ajustement au moyen de la lentille solide, seulement dans l'intention de simplifier les recherches.

---

# Recherches *sur les effets calorifiques de la pile.*

Par M. le professeur Aug. de La Rive (1).

(Mémoire lu à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève le 4 septembre 1828.)

Quand on réunit les deux pôles d'une pile voltaïque par un conducteur tel qu'un fil de métal, on voit ce fil, s'il est suffisamment mince et court, s'échauffer, rougir, et même quelquefois se fondre et brûler.

C'est un des plus beaux phénomènes de la physique que cette incandescence prolongée, dans laquelle une pile un peu forte peut tenir un fil de platine long quelquefois de plusieurs pieds : rien n'est plus brillant aussi que ce jet de lumière qui s'échappe entre deux pointes de charbon rapprochées l'une de l'autre, et communiquant chacune avec l'un des pôles d'une batterie voltaïque. Mais ce qui caractérise surtout ces phénomènes, ainsi que tous ceux qui sont dus à la pile voltaïque, c'est leur *continuité*. Priestley et plusieurs autres physiciens

---

(1) Ce Mémoire n'est que l'extrait abrégé des recherches sur le même sujet qui se trouvent dans un travail intitulé : *Recherches sur la cause de l'électricité voltaïque, et sur les principaux phénomènes qu'elle présente*. Ce travail, qui s'imprime actuellement dans la seconde partie du tome IV des *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, contient en particulier, sur les effets calorifiques de la pile, un grand nombre de détails, soit de théorie, soit surtout d'expérience, que leur longueur et la nature de ce journal m'ont obligé de supprimer ici.

avaient reconnu, long-temps avant la découverte de la pile, que l'on peut, par la décharge d'une batterie électrique composée de plusieurs bouteilles de Leyde, faire rougir et fondre des fils métalliques; mais cette production de chaleur était instantanée, tandis qu'au moyen d'un appareil voltaïque, on tient en incandescence, pendant un temps plus ou moins considérable, un fil métallique d'une longueur et d'un diamètre déterminés. La durée de l'ignition n'a d'autres limites que celles de la production de l'électricité elle-même : tant que la pile est active, l'effet calorifique se manifeste avec une force toujours égale dans le conducteur qui joint les deux pôles; il ne cesse que lorsque la pile elle-même cesse d'agir ou agit avec moins d'énergie.

Cette permanence dans l'état calorifique du fil métallique, a obligé les physiciens à renoncer à l'explication qu'ils donnaient de ce phénomène, explication d'après laquelle ils semblaient supposer que l'électricité, par un effet analogue à celui d'une forte pression mécanique, exprimait instantanément du corps qu'elle traversait, le calorique qui y était naturellement contenu. On a donc été conduit à admettre que c'est dans l'électricité elle-même que réside le calorique qui est dégagé, et qu'il est dû à la réunion des deux principes électriques opposés. Mais cette explication un peu vague n'est-elle pas susceptible d'être précisée davantage, et tout en reconnaissant, ce qu'il est impossible de nier, que c'est dans l'électricité et non dans le corps soumis à son action, que réside le principe calorifique dont le développement devient sensible dans certaines circonstances, ne peut-on pas chercher quelles sont les modifications de l'élec-

tricité qui la rendent susceptible de donner lieu à ce dégagement de chaleur?

J'avais, dans un précédent Mémoire (1), envisagé la production du calorique dans le passage du courant électrique au travers d'un conducteur d'un petit diamètre, comme analogue à la chaleur que dégagerait un gaz obligé par une forte pression à passer au travers d'un tube plus ou moins étroit; cette manière de considérer le phénomène était fondée sur la supposition que l'électricité est un fluide doué d'une constitution analogue à celle des gaz, hypothèse à laquelle on peut faire de fortes objections. Ayant eu l'occasion de reconnaître dans le courant voltaïque quelques propriétés qui m'étaient inconnues lors de mon précédent travail, je me suis aperçu qu'il existait entre ces propriétés et les phénomènes calorifiques de la pile, certains rapports qui peuvent, indépendamment de toute hypothèse sur la nature de l'électricité elle-même, jeter quelque jour sur le genre de modifications qui la rendent susceptible de donner naissance à un développement de chaleur.

J'ai déjà eu souvent l'occasion de faire remarquer que, toutes les fois que le courant électrique passe d'un conducteur dans un autre contigu au premier, il perd dans ce passage une portion de son intensité plus ou moins grande suivant certaines circonstances. Cette perte, qui est surtout sensible lorsque le changement s'effectue d'un conducteur solide dans un autre qui est liquide, l'est aussi, quoiqu'à un degré moindre, quand le cou-

---

(1) *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, tome III, part. I, page 123.

rant passe d'un liquide dans un autre liquide en contact avec le premier, ou d'un conducteur solide dans un autre aussi solide, mais différent du premier et seulement en contact avec lui.

Je vais plus loin, et je pense que cette diminution d'intensité, qui provient du passage du courant au travers d'une suite de conducteurs hétérogènes, a lieu aussi quand ce courant passe, dans la même substance, d'une molécule à la suivante; il résulterait de là que les différences de conductibilité que présentent les corps divers, proviendraient des pertes plus ou moins nombreuses et plus ou moins grandes qu'éprouverait l'électricité en passant successivement de chacune de leurs particules à la suivante. Cette manière d'envisager la conductibilité des corps pour l'électricité, n'est pas purement hypothétique; la suite de ces recherches fera voir les bases sur lesquelles elle repose, et pour le moment je me bornerai à indiquer un seul fait propre à la confirmer. J'avais observé que le passage du courant électrique au travers de plusieurs conducteurs alternativement solides et liquides, lui imprime certaines propriétés, comme celle, par exemple, de traverser ensuite, avec une perte proportionnellement moindre, d'autres alternatives semblables; je me suis assuré que le courant peut acquérir la même propriété, et même à un plus haut degré encore, en traversant simplement un liquide, dont la conductibilité est la même que celle du système d'alternatives qu'il a traversé dans le premier cas. Ne faut-il donc pas qu'il ait subi, dans son passage au travers du liquide homogène, des modifications analogues à celles qu'il a éprouvées en traversant la suite des alternatives

de conducteurs solides et liquides, et que par conséquent les diminutions égales d'intensité qu'il a éprouvées dans les deux cas, soient dues à des causes semblables?

Mais revenons aux effets calorifiques, et voyons quels rapports ils présentent avec les propriétés du courant dont je viens de parler. L'étude de ces phénomènes et celle des circonstances dans lesquelles ils sont produits, semble démontrer que l'effet calorifique est dû à la résistance qu'éprouve l'électricité à passer d'un conducteur à l'autre ou d'une molécule à la suivante, résistance qui donne lieu à une diminution locale, ou dans l'intensité, ou plutôt dans la vitesse du courant électrique. Mais on pourra objecter que dans cette manière d'envisager le phénomène, la chaleur devroit être la plus intense quand le conducteur serait tellement mauvais que l'électricité ne passerait à-peu-près point et serait toute arrêtée : or, l'expérience prouve qu'il n'en est point ainsi, et qu'au contraire, il faut pour qu'il y ait développement de calorique, que le courant puisse s'établir et que la substance qu'il traverse soit un bon conducteur. Ce résultat de l'expérience n'est point, comme il semblerait au premier coup-d'œil, en opposition avec ce que nous avons dit plus haut; car, pour qu'en vertu d'une résistance quelconque, le courant éprouve une diminution d'intensité ou de vitesse, il faut bien qu'il existe un courant, et cette diminution sera même d'autant plus sensible, que le courant sera plus intense ou plus rapide.

Passons à l'examen des faits qui m'ont conduit à considérer les effets calorifiques de la pile comme dus à la difficulté qu'éprouve le courant électrique à passer d'un

corps à un autre ou d'une molécule à la suivante, et à la résistance qu'il rencontre dans ces passages successifs. Ces faits sont de deux sortes ; les uns résultent de l'examen des effets calorifiques eux-mêmes, les autres de l'examen des circonstances les plus propres à les produire.

1°. *Examen des effets calorifiques considérés en eux-mêmes.*

On savait que les fils de divers métaux placés entre les deux pôles d'une forte batterie voltaïque devenaient incandescens, et pouvaient même se fondre et brûler, quand M. Children chercha à étudier les différences que peuvent présenter à cet égard des fils de même diamètre et de même longueur, mais de natures diverses. Il arriva à ce résultat curieux, que si l'on fait passer un courant électrique d'une certaine intensité au travers d'un conducteur composé d'une suite de fils métalliques de même longueur et de même diamètre, attachés bout à bout, mais alternativement d'une espèce et alternativement d'une autre, on voit tous les fils d'une certaine nature devenir incandescens et tous ceux d'une autre nature rester parfaitement froids. Je prends pour exemple l'expérience que j'ai souvent répétée, celle d'une chaîne composée d'une suite de bouts de fils, tous du même diamètre et de la même longueur, et alternativement de *platine* et d'*argent*. Aussitôt que l'on réunit par cette chaîne les pôles d'une pile fortement chargée, on voit les fils de platine rougir, et ceux d'argent ne s'échauffent nullement ; cependant c'est le même courant qui

traverse successivement ces différens fils et qui produit des effets si opposés dans les uns et dans les autres.

J'ai observé que, si le courant n'est pas assez intense pour que ceux des fils de la chaîne qui doivent s'échauffer puissent rougir, l'incandescence se manifeste seulement aux points d'attache, et qu'en général toutes les fois que l'on forme un conducteur avec plusieurs bouts de fils métalliques, soit homogènes, soit hétérogènes, attachés les uns à la suite des autres, ce sont toujours les portions les plus voisines des points de contact qui s'échauffent le plus, et qui seules deviennent incandescentes, quand la pile n'est pas assez forte pour que toute la chaîne puisse rougir. Ces dernières expériences montrent donc que c'est bien à l'endroit où le courant ayant à changer de conducteur éprouve la résistance la plus grande, que se développe surtout le calorique, et que cette résistance que rencontre l'electricité en mouvement, est intimément liée avec la chaleur qu'elle produit.

Dans les expériences de M. Children avec les chaînes composées de métaux hétérogènes, le fil qui rougit est toujours celui qui, pris isolément, est le moins bon conducteur, c'est-à-dire, celui dans lequel le courant éprouve la plus grande résistance à passer d'une molécule à l'autre. Ainsi le *platine* rougit et non l'*argent*; de même, le platine rougit encore quand il compose une chaîne mixte avec l'*or* ou le *cuivre*, tandis que ces derniers métaux, qui, considérés séparément, sont meilleurs conducteurs, ne deviennent pas incandescens; et, au contraire, dans un conducteur mixte de *platine* et de *fer*, le fer rougira et non le platine; mais aussi le fer est moins bon conducteur que le platine. Ainsi,

s'il est vrai que la conductibilité des corps pour l'électricité ne dépend que des difficultés plus ou moins grandes que cet agent rencontre à passer de chaque molécule à la suivante, il en résulte que les propriétés des fils métalliques de devenir incandescens, qui sont en raison inverse des conductibilités, sont bien aussi en raison directe des résistances qu'éprouve le courant électrique dans ses passages successifs. Il serait trop long et fastidieux de suivre dans plus de détails les faits analogues à ceux qui précèdent, et qui tous conduisent à la même conséquence : je ferai seulement remarquer que les phénomènes que présente l'ignition des fils métalliques homogènes, mais de diamètres et de longueurs diverses, s'accordent tout-à-fait avec notre manière d'envisager ce développement de calorique.

Ce n'est, jusqu'à présent, que dans les corps solides que nous avons envisagé les effets calorifiques de la pile ; cependant le courant ne développe-t-il pas de la chaleur, et ne devrait-il pas même en développer davantage quand il traverse les liquides? Quoiqu'il rencontre, en effet, de plus grandes résistances, remarquons qu'il les rencontre surtout dans son passage du corps solide dans le liquide, de la lame de platine, par exemple, dans l'eau salée ou acidulée dans laquelle elle plonge. Or, il existe ici deux causes qui tendent à diminuer la quantité de calorique libre qui pourrait se manifester ; la première, c'est la grande chaleur spécifique et la masse considérable du liquide; la seconde, c'est la production des gaz qui se dégagent le long des lames métalliques, et qui doivent nécessairement employer pour leur formation une portion très-notable de la chaleur qui pourrait

être développée par le passage de l'électricité. Cependant il y a toujours élévation de température dans les portions du liquide où le courant sort du conducteur, parce que tout le calorique que dégage cette résistance locale n'est pas employé à la constitution du gaz.

Un fait curieux et qui semble propre à confirmer ce qui précède, c'est que l'élévation de température est toujours plus considérable à celui des pôles où le volume du gaz qui est développé, est moindre; ainsi, dans la décomposition de l'eau, elle est plus forte au pôle positif où se produit l'oxigène, qu'au pôle négatif où se dégage un volume double d'hydrogène. En général, j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'observer que, toutes les autres circonstances étant les mêmes, la chaleur qui est produite aux deux pôles est plus forte dans celui de deux liquides qui donne lieu, dans le même temps, à la production d'un volume moindre de gaz. Quand on réfléchit à la prodigieuse quantité de chaleur qui doit être nécessaire à la constitution du gaz, loin d'être surpris que les liquides ne s'échauffent pas autant que les fils métalliques par le passage du courant électrique, on doit plutôt être étonné que l'électricité apporte assez de calorique pour donner lieu à un développement de gaz aussi considérable et aussi rapide que celui qu'on observe quelquefois, et pour pouvoir même encore un peu élever la température du liquide.

Néanmoins il est un moyen d'augmenter le développement de la chaleur dans l'intérieur d'une masse liquide placée entre les deux pôles d'une pile, c'est : de diviser ce liquide en plusieurs compartimens, et de multiplier ainsi pour l'électricité les passages successifs d'un

conducteur à l'autre ; mais il ne faut pas employer, pour séparer ces compartimens, des diaphragmes métalliques, parce que, comme il y a alors production de gaz, le calorique qui est dégagé est tout absorbé par la formation de ces gaz, et le liquide ne s'échauffe que peu ou point. Mais si l'on emploie des diaphragmes en vessie pour diviser la colonne liquide en plusieurs loges, on la voit, quand on la met dans le circuit voltaïque, s'échauffer davantage que lorsqu'elle est simplement continue. Que l'on fasse aussi passer le même courant successivement au travers d'un liquide contenu dans un tube de verre d'un certain diamètre et d'une certaine longueur, et au travers d'une mèche de coton imprégnée du même liquide, de même longueur et de même diamètre que le tube; on voit la température du liquide contenu dans le tube rester stationnaire, tandis que celle de la mèche de coton s'élève considérablement ; ce qui provient de ce que les cellules du coton dans lesquelles le liquide s'est placé, forment autant de petites loges séparées les unes des autres par des diaphragmes que l'électricité est obligée de traverser. Le meilleur appareil dont on puisse se servir pour ce genre d'expériences, est une tige de plante grasse un peu aqueuse; la nature nous fournit dans cette tige un conducteur liquide séparé en une multitude de petites cellules par des diaphragmes non métalliques ; aussi lorsqu'on la met dans le circuit, le calorique qui est développé est si intense, que l'eau quelle renferme entre en ébullition dans les deux portions extrêmes les plus voisines des points où sont implantés les fils de platine qui servent à établir la communication avec les pôles de la pile.

Les résultats qui précèdent suffisent, il me semble, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans plus de détails, pour démontrer que, dans les conducteurs liquides comme dans les solides, les effets calorifiques du courant voltaïque paraissent être dus aux résistances qu'il éprouve dans les changemens de conducteurs, ou dans ses passages successifs d'une molécule à une autre de la même substance.

2°. *Examen des effets calorifiques considérés dans les circonstances les plus propres à les produire.*

On a observé depuis long-temps qu'une certaine surface de zinc et de cuivre étant donnée pour construire une pile, on obtiendra des effets calorifiques d'autant plus intenses que la pile sera composée d'un moindre nombre de couples. Ainsi une pile composée de deux paires ayant une surface d'un pied carré chacune, pourra rougir et fondre des fils métalliques qu'une pile composée de dix-huit paires, de seize pouces carrés de surface chacune, ne pourra pas même échauffer; cependant les deux piles présentent en somme une surface exactement la même, et elles sont chargées d'une égale proportion d'eau et d'acides. Il faut néanmoins faire ici une distinction; car il n'est pas exact d'assimiler sous ce rapport tous les effets calorifiques, et d'affirmer qu'ils sont tous également soumis, quant à leur intensité, à la loi générale que nous venons d'exposer.

En effet, s'il faut une pile composée d'élémens peu nombreux, mais à grandes surfaces, pour produire l'incandescence des fils métalliques, il faut au contraire un plus ou moins grand nombre de couples voltaïques

pour déterminer, soit la combustion de feuilles minces de métal, soit la lumière et la chaleur qui s'échappent entre deux pointes de charbon, soit l'élévation de température que l'on observe dans les liquides traversés par le courant. Ainsi, par exemple, une pile de soixante paires, capable de donner naissance à ces trois dernières classes de phénomènes, ne peut rougir le fil de platine ou de fer le plus mince; tandis que dix paires de la même pile produisent ce dernier effet et ne peuvent déterminer les premiers.

Il est donc important de ne pas confondre, comme on l'a fait jusqu'à présent, les divers effets calorifiques du courant, les uns avec les autres; il ne faut pas non plus, sous le point de vue des circonstances les plus propres à les développer, classer les phénomènes divers de la pile d'après leur nature, mais seulement d'après celle des conducteurs qui sont nécessaires à leur production. Si le conducteur qui réunit les deux pôles de la pile est un conducteur parfait, continu et homogène, comme un fil métallique, l'effet que produira le courant dans ce fil, que ce soit un effet calorifique ou magnétique, sera d'autant plus intense que la pile aura, avec une surface donnée, un nombre moindre d'élémens. Si le conducteur est imparfait, s'il est discontinu, comme avec les pointes de charbon ou les feuilles métalliques que l'on brûle; s'il est hétérogène, formé, par exemple, de deux lames de métal plongées dans un liquide qui est interposé entre elles, alors il faut employer la surface donnée à faire un grand nombre de couples, pour augmenter l'intensité des phénomènes que sont susceptibles de développer ces divers genres de conducteurs.

Les effets chimiques, calorifiques ou lumineux, tous ceux, en un mot, qui sont produits avec deux conducteurs imparfaits, discontinus ou hétérogènes, y gagneront également.

Il nous reste à dire quelques mots sur la cause de cette influence qu'exerce le genre de construction d'une pile sur l'intensité des phénomènes auxquelles elle donne naissance. Les deux principes électriques qui, par une action que nous ne pouvons expliquer ici, mais sur laquelle nous aurons occasion de revenir incessamment, se trouvent accumulés aux deux extrémités de la pile, tendent continuellement à se réunir pour se neutraliser. Deux routes leur sont offertes dans ce but: l'une, c'est le conducteur quelconque qui établit la communication entre les pôles; l'autre, la pile elle-même qui est un conducteur hétérogène et non parfait; la plus ou moins grande portion du courant électrique qui passe par l'une ou par l'autre de ces deux routes, dépend de leur conductibilité relative. Si donc la substance placée entre les deux pôles est un conducteur parfait, tel qu'un fil métallique, on peut sans inconvénient réduire la pile à un très-petit nombre de couples, même à un seul, parce que le courant préfère toujours le fil métallique au conducteur hétérogène formé par la pile. Mais si le conducteur est discontinu ou hétérogène, la résistance qu'éprouveront les deux principes électriques, fera qu'ils suivront, pour se réunir, la route meilleure que peut leur offrir la pile, à moins que celle-ci, par le nombre des couples dont elle est composée et des alternatives que, par conséquent, elle présente au courant, conduise finalement moins bien que le conduc-

teur imparfait qui est placé entre ses pôles. L'électricité passera alors en grande partie par ce dernier conducteur, et y produira les effets qui doivent résulter de son passage.

Mais si la nécessité d'une pile à plusieurs élémens est facilement sentie lorsque le conducteur est imparfait, pourquoi les phénomènes qui ont lieu avec des conducteurs parfaits ne sont-ils pas produits tout aussi bien avec une semblable pile, et exigent-ils au contraire un petit nombre de couples? Cette question ne peut être résolue qu'en distingant dans le courant l'*intensité* et la *vitesse*; la première dépend à la fois et de la surface et du nombre des élémens; la seconde dépend principalement du nombre, en ce sens qu'elle est d'autant plus grande que ce nombre est moindre, parce que le courant qui fait le tour du circuit est d'autant moins retardé dans son passage au travers de la pile, qu'il rencontre moins d'alternatives de conducteurs liquides et solides. Les effets calorifiques qui résultent de l'influence du courant qui passe au travers d'un conducteur parfait, tel qu'un fil métallique, et des résistances qu'il peut y rencontrer, ne seront donc sensibles qu'autant que sa vitesse sera très-grande, puisque dans ce fil ces résistances sont très-faibles. Si, en vertu de la construction de la pile, la vitesse du courant était déjà réduite à un degré inférieur à celui auquel doivent la réduire les résistances du fil, alors il n'y aurait aucun développement de chaleur dans celui-ci, puisque ce développement provient de l'effet de ces résistances sur la vitesse. Il est vrai qu'on peut, par une augmentation dans l'intensité, compenser en partie la diminution de

vitesse ; ainsi une pile de soixante paires fortement chargée fera bien rougir un fil ; mais jamais l'ignition ne sera aussi forte qu'avec dix paires seulement de la même pile. Lorsque le conducteur est discontinu ou hétérogène, la diminution de vitesse, qui a lieu en vertu de la résistance qui résulte de la discontinuité et de l'hétérogénéité, est telle, qu'elle est sensible, même sur un courant qui ne se meut pas rapidement : ainsi donc, comme, d'un autre côté, il ne peut y avoir d'effets dans ce cas qu'autant que la pile se compose d'un grand nombre d'élémens, on conçoit que ce nombre, quoique devant ralentir le courant, n'est pas ici un obstacle à la production des effets calorifiques et lumineux.

Comment une diminution locale de vitesse dans le courant électrique peut-elle donner naissance à de la chaleur et à de la lumière ? Telle est la question intéressante que nous devrions examiner actuellement ; mais elle nous entraînerait dans une discussion trop longue, vu la nécessité où nous serions d'entrer dans quelques détails plus ou moins hypothétiques sur la nature des principes électriques et sur le genre de modifications que produit sur les molécules des corps la diminution de vitesse qui résulte de la résistance que rencontre le courant voltaïque. J'ai consigné, sur ce point important de théorie, quelques développemens ultérieurs dans le travail que j'ai cité en note au commencement de ce Mémoire.

( *Biblioth. univ.*, janvier 1829.)

**Rapport** *relatif à la chute de la foudre sur un magasin à poudre de Bayonne, armé d'un paratonnerre;*

Par la Section de physique de l'Académie des Sciences.

(30 mars 1829.)

La chute de la foudre, avec des circonstances alarmantes, sur un magasin à poudre de Bayonne, armé d'un paratonnerre, a déterminé S. E. le Ministre de la guerre à faire part de cet accident à l'Académie, et à l'inviter à donner son avis sur plusieurs questions qu'elle a posées, et à indiquer les précautions particulières qu'il y aurait à employer pour les magasins à poudre, afin de diminuer autant que possible la chance de les voir frapper par la foudre. Les documens transmis par Son Excellence sont; des observations du directeur d'artillerie de Bayonne, et le rapport d'une commission qu'il avait nommée pour constater les dégâts causés par la foudre. La Section de physique a été chargée par l'Académie de prendre connaissance du tout, et le rapport qu'elle a l'honneur de présenter aujourd'hui a pour objet le résultat de ses observations.

Le 23 février de l'année dernière, vers les quatre heures du soir, la foudre est tombée sur un magasin à poudre de Bayonne, qui, quoique armé d'un paratonnerre, n'en a pas été protégé dans toutes ses parties et a éprouvé quelques dégradations. Ce bâtiment a $17^{m},5$ de longueur sur $11^{m},4$ de largeur; il est couvert par une voûte épaisse en maçonnerie sur laquelle repose un

toit à deux eaux. La faîtière et la couverture des murs de pignon sont formées de larges lames de plomb toutes liées entre elles.

La tige du paratonnerre placé sur le magasin a $6^m,8$ d'élévation ; elle est embrassée à sa base par une douille en plomb soudée sur les lames de même métal qui recouvrent le faîte. Le conducteur est à peu près cylindrique et d'un diamètre de, au moins, 27 millimètres. Au lieu de pénétrer dans le sol, au pied du mur du magasin, il est soutenu horizontalement au-dessus par cinq poteaux en bois d'environ 8 décimètres de hauteur, et, parvenu à la distance de 10 mètres du bâtiment, il s'enfonce perpendiculairement dans une fosse carrée de $1^m,9$ de côté, revêtue en maçonnerie sur ses quatre faces latérales ; mais chacun des murs est évidé dans le bas au moyen de deux arceaux, afin d'établir une plus grande surface de contact entre le sol et le charbon dont elle est remplie jusqu'à la hauteur de $1^m,1$, à partir du fond ; au-dessus du charbon est une couche de terre meuble, recouverte d'un pavé en dalles. Le bout du conducteur se termine en pointe, et repose sur un piquet fiché au fond de la fosse. A $0^m,9$ de son extrémité, il porte quatre racines en croix de $0^m,5$ de longueur, dont chacune se partage en trois pointes ; et plus bas, à $0^m,5$ de l'extrémité du conducteur, quatre autres racines, de $0^m,25$ de longueur, sortent de la tige principale. Le charbon était dans l'état naturel où on l'avait préparé, et n'était par conséquent pas, à beaucoup près, aussi bon conducteur que s'il eût été bien calciné. En vidant la fosse, on a rencontré l'eau à $0^m,2$ environ de son fond ; mais il n'est pas dit dans la relation si le terrain était seulement

très-humide, ou si l'eau remplissait le fond de la fosse.

La foudre est tombée sur la tige du paratonnerre, dont elle a fondu la pointe dans une longueur d'environ 13 millimètres ; mais elle a aussi laissé les traces les plus profondes de son passage hors du paratonnerre.

A l'angle sud-ouest du bâtiment, à $0^m,65$ du bord du toit, la lame de plomb recouvrant le mur de pignon présente une déchirure dont les dimensions moyennes sont de $0^m,21$ et $0^m,19$. L'explosion a eu lieu justement au-dessus d'un lien de fer réunissant deux pierres de la corniche, dont un prisme triangulaire, d'une longueur moyenne d'environ 32 centimètres, a été détaché. Quelques minutes avant la chute de la foudre, la pluie et la grêle tombaient en abondance, et le vent soufflait de l'ouest. Cette circonstance mérite d'être remarquée, parce qu'elle explique pourquoi la foudre s'est portée de préférence vers la face ouest du bâtiment plutôt que vers les autres, cette face mouillée par la pluie lui offrant un conducteur pour arriver jusqu'au sol.

Les autres traces qu'a laissées la foudre de sa déviation du paratonnerre ont été observées principalement sur les cinq poteaux en bois qui soutiennent le conducteur au-dessus du sol.

La lame de plomb qui recouvre la tête du premier poteau, le plus près du bâtiment, a été soulevée ; deux clous qui la fixaient ont été arrachés.

Celle du deuxième poteau présente deux petits trous à peu près circulaires, et une déchirure au-dessus d'une fente dans le poteau.

La lame de plomb du troisième a été le plus endom-

magée ; on y voit une déchirure et trois trous, dont l'un a 6 centimètres de long sur 1 de large.

La lame de plomb du quatrième poteau n'a qu'un trou de 3 centimètres de longueur sur 1 de largeur.

La lame de plomb du cinquième n'a aussi qu'un trou, et seulement de 15 sur 32 millimètres.

Il est à remarquer que le plomb, dans toutes les ouvertures ou déchirures qui ont été observées, est rebroussé de bas en haut, et que dans beaucoup d'endroits il présente des marques prononcées d'oxidation.

Les supports du conducteur sur le bâtiment ne présentent aucune altération, si ce n'est le plus proche de terre ; la lame de plomb qui le recouvrait a été soulevée et rebroussée de dedans en dehors.

Tels sont les principaux faits qui ont été recueillis, et sur lesquels vont porter maintenant nos observations.

Il nous paraît de toute évidence, d'après les dégâts causés par la foudre, que le conducteur du paratonnerre ne lui a pas offert un écoulement suffisant dans le sol, et qu'elle a cherché à y pénétrer par l'angle sud-ouest du magasin à poudre, et par tous les supports au moins sur lesquels des traces de son passage ont été observées.

Mais, en examinant la construction du paratonnerre, on ne peut en être surpris. Le conducteur, au lieu de plonger dans l'eau d'un puits, ou, à défaut de cette circonstance, d'avoir un grand développement dans le sol, ne s'y enfonce que d'environ deux mètres, et le charbon qui en enveloppe l'extrémité n'a pas été calciné. Enfin, comme si l'on eût craint ne multiplier les surfaces de contact du conducteur avec le sol, on l'en

a isolé dans toute sa course horizontale par des poteaux en bois de $0^m,8$ de hauteur. La communication du paratonnerre avec le sol ne pouvait pas être établie d'une manière plus imparfaite, et l'on avait ainsi négligé de remplir la condition la plus importante de laquelle devait dépendre toute son efficacité. Il est aisé de sentir, en effet, que, si le conducteur, au lieu de cheminer horizontalement au-dessus du sol, sur des poteaux isolateurs, dans une étendue de dix mètres, y eût été enfoui, l'électricité aurait trouvé un bien plus grand nombre de voies pour pénétrer dans le sol, ou pour en sortir, et qu'elle ne se serait pas déviée du conducteur. Il n'est pas moins évident que l'extrémité du conducteur ne s'enfonçait pas suffisamment dans la terre humide; il eût fallu la faire plonger dans l'eau même, ou, à défaut d'eau, multiplier le développement du conducteur par des embranchemens, et diriger les eaux pluviales sur les terres au-dessus pour y entretenir l'humidité et les rendre meilleurs conducteurs de l'électricité. Si l'on eût tenu à soutenir le conducteur hors de terre, ce dont nous ne voyons pas l'utilité, puisqu'il faut, en dernier résultat, qu'une longueur suffisante du conducteur soit enfouie dans le sol, il eût fallu employer pour supports, non des poteaux en bois, mais des barres de fer qui seraient descendues jusqu'à $1^m,5$ à $2^m$ de profondeur, et auraient facilité la diffusion de l'électricité à travers le sol. Ces diverses conditions n'ayant pas été remplies, la foudre s'est ramifiée vers tous les points conducteurs qui lui offraient un passage, ne trouvant pas dans la voie qui lui avait été tracée un écoulement assez rapide. C'est par cette cause qu'elle s'est portée

vers l'angle sud-ouest du magasin, dont la face ouest, battue par la pluie, lui offrait une nappe d'eau pour la conduire jusqu'au sol. La déchirure de la lame de plomb du mur de pignon, au-dessus d'un lien de fer réunissant deux pierres de la corniche, et la rupture de cette dernière, s'expliquent facilement par la présence même de ce lien de fer; et il est fort heureux qu'il ne se soit point trouvé dans le voisinage, pénétrant dans le magasin, d'autres pièces de fer; car l'explosion du magasin à poudre aurait pu en être la funeste conséquence. Avec les précautions que nous venons d'indiquer, et qui sont instamment recommandées dans l'instruction sur les paratonnerres adoptée par l'Académie, mais publiée seulement après l'établissement de celui du magasin à poudre de Bayonne, nous sommes convaincus que la foudre se serait écoulée dans le sol, sans déviation, par le conducteur du paratonnerre, et qu'elle n'aurait laissé d'autres traces de son passage que la fusion de la pointe, accident qui n'est d'aucune importance, et qu'il est d'ailleurs facile de réparer; et ceux qui ne voient dans un paratonnerre qu'un moyen impuissant de préservation, et même une cause de danger, ne trouveraient pas dans l'accident de Bayonne un nouveau prétexte à leurs injustes préventions.

Il faut l'avouer cependant, un paratonnerre mal établi peut être plus dangereux qu'utile, et il est très-possible que le magasin de Bayonne n'eût pas été foudroyé s'il n'eût pas été armé d'un paratonnerre, et si le faîte et les murs de pignon n'eussent pas été couverts de bandes de plomb qui doivent être considérées comme un véritable conducteur en communication imparfaite avec le sol par

la face ouest du bâtiment mouillé par la pluie. Cette opinion se fonde, d'une part, sur ce qu'une épaisse maçonnerie bien sèche est un très-mauvais conducteur, et de l'autre, sur ce que le magasin de Bayonne, qui est voûté au-dessous de la surface du sol pour repousser l'humidité, et dans le haut pour résister à la bombe, peut être comparé à une sphère creuse, dont l'intérieur serait inaccessible à la foudre. Pour éloigner toute apparence de crainte avec un pareil système de construction, il suffirait qu'on eût soin d'éviter de mettre sur le bâtiment des pièces métalliques un peu considérables, comme faîtières en plomb, portes en tôle, etc. Dans le cas où un magasin ainsi construit serait frappé par la foudre, elle ne pourrait point l'entamer; elle glisserait sur sa surface sans pouvoir pénétrer dans l'intérieur, isolé de toutes parts de l'humidité, comme on le suppose. Il est surtout à remarquer qu'un bâtiment semblable présenterait beaucoup moins de chances d'être foudroyé que s'il était armé d'un paratonnerre.

Mais, en admettant qu'un magasin à poudre doive être armé d'un paratonnerre, la prudence exige, dans l'incertitude où l'on peut rester sur sa parfaite construction et sa conservation, qu'il soit placé sur mât à côté du bâtiment, en ayant toujours soin d'éviter de mettre sur ce dernier des pièces métalliques un peu considérables; ou, s'il devait être placé sur le bâtiment même, qu'il eût deux conducteurs; l'un courant sur le mur faisant face au côté d'où viennent le plus fréquemment les orages dans chaque localité, et l'autre sur le mur opposé.

Après avoir examiné les circonstances qui ont déter-

miné la foudre à se dévier du conducteur du paratonnerre établi sur le magasin à poudre de Bayonne, et après avoir indiqué les précautions qu'il faut prendre pour éviter le retour d'un pareil accident, nous répondrons aux questions faites par S. E. le Ministre de la guerre.

Son Excellence demande d'abord s'il n'y aurait pas lieu de supprimer les tiges des paratonnerres, dont les conducteurs aboutissent à des puisards creusés dans le roc, ou dans des terrains très-secs, pour n'en conserver que les conducteurs.

La suppression de la tige n'aurait point le résultat qu'en espère Son Excellence. Le conducteur seul formerait encore un véritable paratonnerre, dont l'influence ne s'étendrait pas aussi loin que celle d'un paratonnerre à tige, mais qui n'en attirerait pas moins la foudre dans un certain rayon; et s'il n'était pas en communication très-intime avec le sol, des accidens semblables à celui de Bayonne pourraient encore avoir lieu. Il faut se résoudre nécessairement, ou à établir un bon paratonnerre sur mât, ou à n'en pas mettre du tout, pourvu que, dans ce dernier cas, les magasins soient voûtés haut et bas, et bien garantis de toute humidité par une excellente maçonnerie, telle que celle que l'on peut faire aujourd'hui avec une bonne chaux hydraulique.

Son Excellence demande encore quelles seraient les précautions les plus convenables pour prévenir les accidens qui pourraient résulter de l'emploi des métaux, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur des magasins à poudre.

Si les métaux répandus dans un bâtiment sont en masses un peu considérables, comme faîtes en plomb

ou en zinc, gouttières, portes en fer, fils métalliques même, en raison de leur longueur, etc., ils deviennent dangereux en ce qu'ils attirent la foudre; qu'elle éclate en passant des uns aux autres, et qu'elle peut alors produire des inflammations. Le moyen le plus certain de prévenir de tels accidens, c'est d'avoir des armures beaucoup plus puissantes que ces masses; en un mot, un très-bon paratonnerre que, pour plus de sûreté, on doit élever sur mât. Dans le cas de pareilles masses métalliques répandues dans le bâtiment, nous n'hésitons pas à déclarer qu'un paratonnerre est indispensable; mais, si on admet l'absence de ces masses et un magasin voûté en bas et en haut, et défendu contre l'humidité, le paratonnerre ne nous paraît plus d'une indispensable nécessité, surtout quand on considère que la foudre doit tomber bien plus fréquemment sur un magasin armé que sur un magasin non armé; que le paratonnerre peut n'être pas parfaitement établi, et qu'enfin nous ne voyons aucune raison d'admettre que la foudre puisse pénétrer dans l'intérieur d'un bâtiment voûté en haut et en bas, et comparable à une sphère creuse.

La Section de physique croit avoir suffisamment indiqué dans son rapport les imperfections du paratonnerre de Bayonne, et les moyens de les corriger; mais, comme l'objet est d'une haute importance, il lui paraît utile de répondre à quelques observations du directeur d'artillerie de Bayonne et de la commission qu'il avait chargée de constater les dégâts causés par la foudre.

M. le directeur d'artillerie pense que le conducteur du paratonnerre n'a pas fonctionné, parce que, dit-il, si l'écoulement même imparfait de l'électricité eût existé,

la foudre aurait dû le suivre, sauf à éclater à la naissance du sol, tandis qu'elle a éclaté sur le plomb qui recouvrait l'un des pignons du magasin.

Nous ne pouvons partager cette opinion; il est incontestable, par les traces mêmes qu'a laissées la foudre sur les poteaux en bois qui soutenaient le conducteur, qu'il a fonctionné; mais, comme ses surfaces de communication avec le sol n'étaient pas à beaucoup près assez multipliées, la foudre n'a pu le suivre exclusivement, et elle a éclaté sur divers points; c'est en effet un principe certain en physique que, lorsqu'on présente à l'électricité divers conducteurs, dont l'un soit infiniment plus parfait que les autres, elle le suit de préférence; mais, lorsque les conducteurs ne diffèrent pas beaucoup en conductibilité, elle se partage entre tous en raison de leur capacité. Ainsi, le conducteur de Bayonne n'ayant pas offert à la foudre un écoulement suffisant dans le sol, elle s'est portée sur tous les autres conducteurs par lesquels elle a pu y pénétrer, tandis que, s'il eût été bien établi, elle l'eût suivi exclusivement.

M. le directeur d'artillerie se demande s'il n'est pas dangereux de placer des métaux sur la couverture des magasins à poudre, armés de paratonnerres, et de recouvrir, soit de tôle, soit même de barres de fer, toute la surface des portes et volets extérieurs des magasins; pratique qu'il regarde comme tout-à-fait inutile.

En admettant un paratonnerre parfaitement établi, ces métaux ne présentent aucun danger sur un bâtiment; mais s'ils ne sont pas indispensables, ainsi que le pense M. le directeur d'artillerie, on ferait très-bien d'en

proscrire l'emploi. Si, au contraire, leur utilité était reconnue, leur présence n'en rendrait que plus nécessaire l'établissement d'un paratonnerre. Nous croyons cependant devoir remarquer que les ferremens ordinaires répandus dans un bâtiment, tels que gonds, serrures, crampons ou crochets, ne doivent inspirer aucune crainte.

La commission nommée par M. le directeur d'artillerie est restée convaincue que le paratonnerre n'avait pas bien fonctionné, parce que l'extrémité du conducteur plongeait dans du charbon ordinaire, et non dans de la braise, et elle propose seulement ce changement; mais nous pensons qu'il ne serait pas suffisant. Il faut que le conducteur présente une grande surface de communication avec le sol, et on ne peut remplir cette condition;

1° Qu'en enfonçant davantage l'extrémité du conducteur dans le sol; opération qui peut se faire très-facilement au moyen d'un trou de sonde;

2° Qu'en enfouissant toute sa partie horizontale au lieu de la laisser à l'air, et en conduisant les eaux pluviales, tant dans la fosse que sur la tranchée dans laquelle aurait été enfoui le conducteur.

La même commission a été partagée d'opinion sur cette question; la foudre a-t-elle frappé directement l'angle sud-ouest du bâtiment? En admettant que le paratonnerre ait été très-mal établi, il ne répugnerait pas d'admettre que l'angle sud-ouest du bâtiment a été frappé directement, puisqu'il était placé, à la réunion de deux conducteurs, une lame de plomb et une nappe d'eau; mais, d'après les traces laissées par la foudre et la disposition des conducteurs métalliques sur le magasin, cette opinion n'est point soutenable. La foudre est tombée

sur la pointe du paratonnerre, qu'elle a fondue profondément, et elle s'est ensuite déviée vers tous les points par lesquels elle a pu arriver dans le sol ; et si elle s'est portée plutôt vers l'angle sud-ouest que vers tout autre, c'est, ainsi que nous l'avons déjà dit, parce que cet angle, rendu conducteur par la pluie, lui a offert un écoulement dans le sol. Mais toute la foudre ne s'est pas écoulée par cette voie ; la plus grande partie a sans doute suivi le principal conducteur.

On a remarqué que les bords des trous ou des déchirures des lames de plomb étaient rebroussés de bas en haut, comme si la foudre, au lieu de se précipiter du ciel, fût sortie de terre. Cet effet est semblable à celui qu'on observe dans toutes les décharges électriques. Au moment du passage d'un nuage orageux, et surtout de celui où la foudre se précipite et s'approche du conducteur qui va être frappé, l'électricité terrestre de nature contraire accourt de toutes parts avec une vitesse immense, et s'avance vers l'étincelle foudroyante qu'elle neutralise dans le conducteur. De sorte qu'on peut dire, lorsqu'un très-bon conducteur est parfaitement en communication avec le sol, et s'élève au-dessus, que la foudre sort réellement aussi de terre.

En se résumant, la Section de physique est d'opinion ;

1° Que la foudre n'a causé des dégâts sur le magasin à poudre de Bayonne que parce que le paratonnerre dont il était armé était très-mal construit, et qu'on n'avait pas établi une communication suffisante entre le sol et le conducteur ;

2° Qu'on peut rendre au paratonnerre toute son efficacité en faisant pénétrer plus avant le conducteur dans

l'eau ou la terre humide ; en enfouissant sa partie horizontale ; en employant, pour l'envelopper, de la braise de boulanger, au lieu de charbon imparfaitement carbonisé, et en dirigeant les eaux pluviales sur les parties souterraines du conducteur ;

3° Que, pour les magasins à poudre, il est prudent d'établir les paratonnerres sur mâts, et à côté ;

4° Que, dans le cas de magasins voûtés haut et bas, comme celui de Bayonne, et desquels on exclurait toute masse métallique un peu considérable, on peut se dispenser de les armer de paratonnerres ;

5° Mais que, dans le cas de magasins non voûtés, comme ceux qui servent passagèrement d'entrepôts, la prudence commande de les armer de paratonnerres sur mâts. GAY-LUSSAC, *rapporteur*.

---

## SUR *l'Analyse du borax*.

### PAR M. GAY-LUSSAC.

QUOIQUE l'on possède aujourd'hui un procédé exact pour analyser le borax, que l'on doit à M. Arfwedson, il ne sera pas sans intérêt d'en faire connaître un autre qui ne lui est sans doute pas supérieur en exactitude, mais qui l'emporte de beaucoup en simplicité, pouvant être exécuté dans le même temps qu'un essai alcalimétrique. C'est par ce motif que je me suis déterminé à le publier, persuadé qu'on ne saurait trop s'appliquer à donner aux arts des procédés simples, mais toujours suffisamment exacts d'analyse.

Ce procédé consiste à chercher la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour neutraliser exactement la soude

ontenue dans le borax. L'acide borique rougissant très-ensiblement le papier de tournesol, on ne peut reconnaître par ce réactif le terme exact de saturation ; mais comme il ne colore la teinture de tournesol qu'en rouge vineux, tandis que l'acide sulfurique la colore en rouge pelure d'ognon, on peut saisir avec précision l'instant où la soude est saturée, et où l'acide sulfurique commence à être en léger excès.

J'ai fait dissoudre à chaud 15 grammes de borax ordinaire dans 50 centimètres cubes d'eau, et j'ai coloré la dissolution en bleu clair avec un peu de teinture de tournesol ; puis, je l'ai saturée peu à peu avec de l'acide sulfurique titré, contenant par litre 100 grammes d'acide sulfurique concentré, en me servant de la burette décrite tom. XXXIX, pag. 342 de ces *Annales*, et en opérant comme pour un essai alcalimétrique. La dissolution bleue n a pas tardé à prendre une couleur vineuse, et l'a conservée avec des modifications de teinte jusqu'à la fin de la saturation, où elle a pris aussitôt après, par un très-léger excès d'acide, une couleur pelure d'ognon. Mais, pour opérer plus sûrement, quelques précautions sont nécessaires.

Pendant que la dissolution de borax est chaude, la trop grande quantité d'acide borique qu'elle retient, rend moins sensible les changemens de couleur ; il convient donc, après avoir ajouté environ les neuf dixièmes de l'acide sulfurique nécessaire à la saturation, de ne la terminer qu'après avoir fait refroidir la dissolution.

Les changemens de couleur étant beaucoup plus faciles à apprécier au moyen des termes de comparaison, on colorera de l'eau avec du tournesol, et on ajoutera une ou

deux gouttes d'acide sulfurique titré pour lui donner une couleur pelure d'ognon. C'est à cette liqueur colorée que l'on comparera la dissolution de borax pour atteindre le terme exact de neutralisation.

Enfin le sulfate de soude formé et l'acide borique mis à nu, masquant un peu la réaction de l'acide sulfurique sur la teinture de tournesol, j'ai fait un mélange de ces deux corps et d'eau à peu près dans les mêmes proportions que dans la dissolution ; je l'ai coloré avec du tournesol, et j'ai cherché combien il fallait de gouttes d'acide, à la température ordinaire, pour en amener la couleur au rouge pelure d'ognon. Trois gouttes, équivalant à une demi-division de la burette, ont suffi ; et par conséquent il faudra retrancher cette quantité d'acide de celle employée pour la saturation du borax ; la couleur pelure d'ognon du mélange qu'on vient de faire peut servir de terme de comparaison.

En opérant sur 15 grammes de borax, il a fallu 77,2 divisions de la burette en acide sulfurique pour amener la couleur du tournesol au rouge pelure d'ognon. Retranchant 3 gouttes ou une demi-division de ce nombre, il reste 76,7 divisions ou demi-centimètres cubes pour la quantité réelle d'acide sulfurique titré, nécessaire à l'exacte saturation de la soude. Cette quantité, évaluée en acide sulfurique concentré, est égale à 3g,835 ; d'après l'analyse du borax par M. Arfwedson, elle serait de 3g,855.

Le procédé d'analyse que je viens de décrire a donc un degré d'exactitude suffisant, et j'ai la satisfaction d'annoncer que, dans les mains de M. Welter et celles de M. Pelouze, jeune chimiste très-distingué qui me seconde,

a donné le même résultat que dans les miennes. J'emloie souvent avec avantage un procédé analogue pour ertaines analyses.

---

## Quelques *Observations sur le liquide que l'on obtient par la condensation du gaz acide sulfureux.*

Par M. Aug. de La Rive.

Parmi les nombreuses découvertes dont la physique et la chimie se sont enrichies depuis qnelques années, la réduction de plusieurs substances gazeuses à l'état liquide est une de celles qui méritent peut-être le plus de fixer l'attention des savans. Cette possibilité de ramener l'état liquide des corps que l'on n'avait jamais obtenus usqu'alors que sous la forme de fluides élastiques, a montré que la distinction que les physiciens avaient établie entre les *gaz permanens* et les *vapeurs* n'était pas fondée, ou que du moins elle n'était vraie qu'entre certaines limites de température. On a vu que deux fluides appelés l'un gaz, et l'autre vapeur, peuvent être, sous le rapport physique, plus rapprochés l'un de l'autre que chacun ne l'est de la plupart des corps compris sous la même dénomination que lui; que, par exemple, le gaz acide sulfureux présente bien plus d'analogie avec la vapeur d'éther qu'avec les gaz oxigène ou hydrogène, puisqu'il peut devenir liquide à — 10° centig. et que la vapeur d'éther se condense à 35° environ, tandis qu'on n'a jamais pu liquéfier l'oxigène et l'hydrogène, même en

les exposant aux températures les plus basses et aux pressions les plus fortes. De même aussi, l'éther est encore plus voisin de l'acide sulfureux sous le rapport de sa facilité à se volatiliser, qu'il ne l'est de l'eau et de tous les liquides qui entrent en ébullition au-dessus de 100 degrés ; en effet, l'acide sulfureux passe à l'état élastique à la température de — 10° et l'éther à 35, ce qui fait une différence de 45 degrés seulement, tandis qu'il y a 65 degrés de différence entre la température à laquelle l'eau entre en ébullition et celle à laquelle l'éther se convertit en vapeur. Ce n'est donc que parce qu'à la température ordinaire de l'atmosphère l'éther se présente à l'état liquide, et l'acide sulfureux sous la forme d'un fluide élastique, que l'on a nommé *vapeur* le premier de ces corps, quand il est à l'état aériforme, et *gaz* le second, quand il est dans le même état. Supposons un instant que la température moyenne de l'atmosphère dans lequel nous vivons fut de 50° plus haute ou plus basse qu'elle ne l'est actuellement, jamais on n'aurait établi de différence entre les fluides élastiques qui proviennent, l'un de l'éther, l'autre de l'acide sulfureux; tous les deux auraient été des *gaz* dans le premiers cas, des *vapeurs* dans le second. Ainsi la distinction fondamentale que l'on avait établie entre les gaz et les vapeurs n'est maintenant plus absolue et elle est simplement relative à la température.

La découverte de la liquéfaction des gaz n'est pas seulement importante sous le point de vue des notions nouvelles qu'elle nous fournit sur la constitution de cette classe de substances et de la complète identité qu'elle établit entr'elles et les vapeurs : elle présente un nouvel

intérêt aux savans en leur offrant la possibilité de comparer entr'elles les propriétés d'une même substance examinée successivement à l'état gazeux et liquide, et d'étudier aussi l'influence que peut exercer sur les phénomènes que nous présente un corps, un simple changement dans son état physique. Or, multiplier de semblables comparaisons, c'est un des moyens les plus propres à étendre le peu de notions que nous possédons sur l'état moléculaire des corps, et peut-être à jeter ainsi quelque jour sur cette partie encore si obscure de la physique. Malheureusement le nombre des substances pour lesquelles ces comparaisons étaient possibles était fort restreint. La découverte de la liquefaction des gaz en l'augmentant, et surtout en y faisant entrer des substances d'une classe toute différente de celles qui étaient auparavant dans ce cas, telles que les acides, a rendu, sous ce rapport, un véritable service à la science.

On sait que c'est au moyen d'une forte compression aidée par un refroidissement très-intense, que M. Faraday a réussi à rapprocher assez les molécules des gaz pour les convertir en liquides. C'est ainsi qn'il est parvenu à liquéfier le chlore, l'ammoniaque, les gaz acide, sulfureux, acide carbonique, acide hydrochlorique, et en général tous ceux qui ont quelque affinité pour l'eau, quoiqu'à l'état liquide ils n'en renferment pas la plus petite quantité. L'air atmosphérique, l'azote, l'oxigène et l'hydrogène ont résisté jusqu'à présent à toutes les tentatives que l'on a faites pour les obtenir à l'état liquide. Pendant que M. Faraday parvenait aux résultats remarquables que nous venons de rappeler, M. de Bussy réussissait de son côté à liquéfier le gaz

acide sulfureux sans employer de compression et simplement en le condensant au moyen d'un froid artificiel. M. Briguel, préparateur des cours de physique et de chimie de l'Académie, étant parvenu à obtenir, par ce moyen, une quantité assez considérable de ce liquide, j'en ai profité pour étudier quelques-unes de ses propriétés, et j'ai eu l'occasion de faire à ce sujet quelques remarques qui, je crois, avaient échappé au petit nombre d'observateurs qui se sont déjà occupés de cette singulière substance.

Pour obtenir l'acide sulfureux à l'état liquide, il faut le dessécher autant que possible avant de le condenser; dans ce but, on fait arriver le gaz que l'on retire de l'action de l'acide sulfurique sur le mercure aidée de la chaleur, d'abord dans une éprouvette n° 1 entourée d'un mélange frigorifique; de là il passe au travers d'un tube rempli de muriate de chaux bien sec dans une éprouvette n° 2 entourée, comme la première, d'un mélange frigorifique, et enfin la portion du gaz qui n'a pas encore été condensée passe au travers d'un second tube rempli de muriate de chaux dans une éprouvette n° 3 refroidie comme les autres, et c'est là que s'opère la dernière condensation. De cette troisième éprouvette part un tube qui plonge dans le mercure, d'où résulte une légère pression qui empêche le gaz qui aurait pu échapper à la condensation, de sortir et de se répandre dans la chambre, et qui l'oblige à passer, comme le reste, à l'état liquide. Il faut avoir soin de luter bien exactement les bouchons et les tubes qui entrent dans les éprouvettes, de peur que le gaz ne s'échappe. Après avoir fait durer le dégagement du gaz pendant huit ou dix heures, on ouvre les

éprouvettes ; on trouve dans la première n° 1, des cristaux blancs qui sont composés d'eau et d'acide sulfureux ; et dans les éprouvettes n$^{os}$ 2 et 3 de l'acide sulfureux liquide sans eau et très-pur, qu'il faut avoir soin de renfermer immédiatement dans un flacon hermétiquement bouché ; pour le conserver, il faut constamment entourer le flacon d'un mélange frigorifique, car sans cette précaution, ou le liquide s'évapore au travers du bouchon, ou il fait fendre le flacon par la force élastique de sa vapeur.

*Cristaux d'acide sulfureux et d'eau.*

Je n'ai trouvé, dans aucun ouvrage de chimie, la description des cristaux qui se sont déposés dans la première éprouvette, et qui résultent de la condensation du gaz acide sulfureux humide ; c'est ce qui fait que j'ai cherché à les examiner. Ils sont d'un beau blanc, ont un goût acide et frais assez agréable, se présentent sous forme de lames minces, et paraissent avoir une structure tout-à-fait semblable à celle des cristaux d'eau et de chlore avec lesquels ils ont beaucoup d'analogie. Ils restent solides à une température de 4 à 5 degrés centigrades au-dessus de zéro ; mais à cette température ils dégagent déjà une partie du gaz qu'ils renferment ; à une température un peu plus élevée, ils l'abandonnent en grande quantité, et se résolvent bientôt en eau. On a recueilli et mesuré la quantité de gaz acide sulfureux contenue dans un poids déterminé de ces cristaux qu'on avait eu soin de dépouiller de l'eau avec laquelle ils étaient un peu mélangés. Cette quantité était considérable, et s'élevait environ à un cinquième du poids total. Après

le dégagement du gaz opéré à l'aide d'une douce chaleur il n'est resté dans le tube où l'on avait mis les cristaux que de l'eau parfaitement pure, qui constituait par conséquent les quatre autres cinquièmes du poids. Nous pouvons donc en conclure qu'il existe un composé solide d'eau et d'acide sulfureux tout-à-fait semblable au composé analogue d'eau et de chlore, et que cent parties en poids de cet hydrate renferment environ quatre-vingts parties d'eau et vingt de gaz acide sulfureux (1). Il est probable que le chlore et l'acide sulfureux ne sont pas les deux seuls gaz qui soient susceptibles de former des composés solides avec l'eau, à une basse température ; l'*ammoniaque*, l'*acide hydro-sulfurique* et tous les autres gaz solubles dans l'eau et susceptibles d'être facilement amenés à l'état liquide, pourraient bien peut-être en former aussi; mais je ne sache pas qu'on les ait obtenus jusqu'à présent.

---

(1) Je ne donne que comme approximatif le résultat de cette analyse, que je n'ai pu faire qu'une fois. La proportion de gaz acide sulfureux doit être un peu plus considérable, vu que je n'ai pu recueillir la portion qui s'est échappée pendant que je décantais les cristaux, et que je les mettais dans le tube. Si l'on exprime la composition de l'hydrate d'acide sulfureux au moyen des nombres proportionnels, on trouve qu'elle se rapproche beaucoup de celle de l'hydrate de chlore que M. Faraday a donnée dans son Mémoire sur la condensation des gaz. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIV, p. 376.) Il faut prendre 442,65 pour le nombre proportionnel du *chlore*, 401,165 pour celui de l'*acide sulfureux*, et 112,479 pour celui de l'*eau*.

*Acide sulfureux liquide sans eau.*

C'est le gaz acide sulfureux liquide complètement dépourvu d'eau que l'on trouve dans les éprouvettes nos 2 et 3. Les propriétés de ce liquide ont été déjà étudiées et décrites en grande partie, soit par M. Faraday, soit par M. Bussy. On sait qu'il est éminemment volatil, puisqu'il entre en ébullition à — 10° centigr., et qu'à la température et à la pression ordinaires de l'atmosphère il se présente toujours sous la forme de gaz. A l'état liquide, il est d'une limpidité et d'une transparence parfaites, quoique plus pesant que l'eau (sa pesanteur spécifique est 1,45), ce que l'on ne croirait point en le voyant. La vitesse avec laquelle il s'évapore dès qu'il est à l'air libre, est telle qu'il disparaît immédiatement en produisant un froid intense; quelques gouttes d'acide sulfureux liquide jetées sur de l'eau déterminent une croûte de glace à sa surface, et si l'on met une petite quantité d'eau dans un verre de montre, un peu d'acide sulfureux versé par dessus la fait congeler immédiatement en totalité; il se forme une petite masse solide qui ressemble à de la neige, et qui renferme des cristaux semblables à ceux dont nous avons parlé ci-dessus. Il paraîtrait donc qu'une portion de l'acide reste mélangée avec l'eau, tandis que l'autre portion en s'évaporant détermine par le froid qu'elle produit ainsi la solidification du mélange.

Non-seulement l'eau, mais le mercure peut-être congelé par le froid que produit l'évaporation de l'acide sulfureux liquide: une goutte de mercure d'un volume égal à celui d'une petite noisette étant placée sur un verre de montre, on n'a qu'à verser au-dessus quelques

gouttes du liquide ; aussitôt, et surtout si l'on place le verre sous un récipient, et qu'on y fasse le vide immédiatement, le mercure se solidifie. On peut ainsi en congeler une masse considérable, et le conserver dans cet état pendant quelques minutes.

J'ai profité de ce moyen commode d'obtenir un froid intense, pour examiner l'influence de la congélation du mercure sur sa conductibilité électrique. Deux globules parfaitement semblables ont été placés chacun entre deux pointes de platine, et l'on s'est assuré au moyen du double galvanomètre qu'ils avaient exactement la même conductibilité. Tout étant ainsi semblable de part et d'autre dans les deux circuits entre lesquels le courant électrique se partageait également, l'un des deux globules a été gelé au moyen de l'acide sulfureux et aussitôt il est devenu beaucoup meilleur conducteur que l'autre. Il paraît donc que la congélation du mercure augmente d'une manière très-sensible sa conductibilité électrique. Ce phénomène serait-il lié avec la contraction subite que ce métal éprouve au moment où il se solidifie ? C'est une question intéressante qui ne peut être discutée actuellement, mais que je me propose d'examiner, lorsque j'aurai réuni quelques faits analogues à celui-ci et relatifs à l'influence de la chaleur et de l'état moléculaire des corps sur leur faculté conductrice pour l'électricité.

Le froid que peut produire l'évaporation de l'acide sulfureux liquide est encore plus considérable que celui qui est nécessaire pour la congélation du mercure. En effet, ce métal devient solide à — 40°, et M. Bussy est parvenu à produire un froid de — 60° ; mais il n'a

pu geler ni l'éther, ni l'alcool absolu. Un fait remarquable, et que présente aussi l'acide hydrocyanique (prussique), c'est que, lorsque l'on fait évaporer une quantité un peu considérable d'acide sulfureux, une partie du liquide lui-même se congèle par le froid que produit l'évaporation du reste. On voit, en effet, très-bien sur un verre de montre où l'on a mis de l'acide sulfureux, de petits cristaux blancs qui restent après l'évaporation. Mais ce n'est point l'acide pur qui s'est solidifié, c'est un mélange de cet acide et des vapeurs aqueuses qui se trouvaient dans l'air, et qui ont été condensées par le froid qu'a produit l'évaporation subite qui a eu lieu.

### *Conductibilité électrique de l'acide sulfureux.*

On sait, en général, que les acides sont de tous les liquides non métalliques ceux qui sont les meilleurs conducteurs de l'électricité; mais j'ai déjà eu l'occasion d'observer que l'eau qu'ils renferment toujours en plus ou moins grande quantité exerce une influence marquée sur cette propriété. L'acide sulfurique, par exemple, à partir d'une certaine limite, devient d'autant moins conducteur qu'il est plus concentré; le *brome* liquide, qui a beaucoup d'analogie avec les acides, n'est point conducteur dans son état naturel, il ne le devient que par son mélange avec l'eau; il en est de même de l'*iode*. Il était donc intéressant de s'assurer de la conductibilité électrique de l'acide sulfureux liquide, quoique sans eau. L'expérience a été faite avec un galvanomètre sensible et une pile de quarante paires fortement chargée; deux pointes de platine très-rapprochées

l'une de l'autre, plongeaient dans un flacon bien fermé, rempli d'acide sulfureux ; et quoique toutes les circonstances les plus favorables se trouvassent réunies, l'on n'a pas obtenu la plus légère trace de décomposition du liquide, ni la moindre déviation de l'aiguille du galvanomètre. On a mis un peu d'eau dans l'acide sulfureux, et aussitôt il y a eu décomposition rapide : le soufre de l'acide et l'hydrogène de l'eau se sont déposés au pôle négatif et l'oxigène au pôle négatif. Ainsi, l'eau qui, lorsqu'elle est très-pure et bien distillée conduit à peine l'électricité voltaïque, peut rendre très-bon conducteur de cette électricité un corps qui ne l'était point, et cela uniquement en étant mélangée avec lui ; c'est ce que prouvent l'exemple que je viens de citer et quelques autres faits analogues que j'ai rappelés plus haut, et sur lesquels j'avais déjà donné quelques détails dans les *Annales de Physique et de Chimie*, tom. XXXV.

### *Pouvoir réfringent de l'acide sulfureux et de quelques autres gaz liquéfiés.*

L'une des conséquences rigoureuses de la théorie de l'émission sur la lumière est, comme Newton l'a démontré le premier, que la puissance réfractive des corps de même nature, mais de densités différentes, doit être proportionnelle à leur densité ; c'est ce rapport entre la puissance réfractive et la densité, regardé comme constant pour une même substance, que l'on nomme dans la théorie newtonienne *pouvoir réfringent*. MM. Arago et Petit ont déjà fait voir que quelques corps font exception à la loi que nous venons de rappeler ; que les vapeurs d'éther et de carbure de soufre, par

exemple, ont une puissance réfractive, qui, comparée à celle de ces deux mêmes substances à l'état liquide, est plus faible qu'elle ne devrait l'être d'après le rapport qui existe entre leurs densités et celles de leurs liquides respectifs (1). Ces résultats, qui paraissent être en opposition avec la théorie de l'émission, méritent de fixer l'attention, et il ne serait pas sans utilité pour la science de chercher s'il existe d'autres exemples de semblables anomalies.

La possibilité que l'on a actuellement d'obtenir à l'état liquide, quelques-unes des substances qui se présentent ordinairement sous la forme de gaz, vient de fournir un moyen de multiplier ces comparaisons, en permettant de déterminer la puissance réfractive d'un même corps successivement à l'état liquide et à l'état gazeux. Je n'ai point pu encore obtenir d'une manière très-exacte la puissance réfractive de l'acide sulfureux liquide, je me suis seulement assuré qu'elle est un peu plus considérable que celle de l'eau; peut-être lui est-elle égale, certainement elle ne lui est pas inférieure. Cependant, en calculant cette même puissance réfractive d'après celle du gaz acide sulfureux déterminée par M. Dulong (2), et d'après les rapports qui existent entre la densité de cette substance à l'état liquide et sa densité à l'état élastique, on trouve qu'elle est égale à 0,661, tandis que celle de l'eau est 0,784. Ce résultat, différent de celui

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. 1, p. 1.

(2) *Voyez* Recherches sur les pouvoirs réfringens des fluides élastiques; par M. Dulong. (*Annales de Chimie et de Physique*, t. xxxi, p. 154.

que donne l'expérience directe, montre que le principe qui a servi de base à notre calcul n'est pas exact. J'ai trouvé, par une marche semblable, et en partant des puissances réfractives des gaz déterminées par M. Dulong, que l'*ammoniaque liquéfiée* doit avoir une puissance réfractive exprimée par 0,752, et que celle de l'*hydrogène sulfuré* liquide doit être de 0,767 (1), nombres inférieurs l'un et l'autre à 0,784; or, M. Faraday dit, dons son Mémoire, que ces deux liquides, principalement le premier, ont une puissance réfractive supérieure à celle de l'eau (2). Nous voyons donc, par ces trois exemples, comme par ceux qu'avaient trouvés MM. Arago et Petit, que les puissances réfractives d'un corps qui passe de l'état liquide à celui de fluide élastique, diminuent dans un rapport plus grand que celui suivant lequel décroissent les densités; résultat contraire à ce qui devrait avoir lieu dans la théorie de l'émission; car, suivant cette théorie, ces deux rapports ne doivent point varier, mais au contraire doivent rester égaux, quel que soit l'état du corps, pourvu que sa nature chimique ne change pas.

(*Biblioth. univ.*, mars 1829.)

(1) Les nombres qui ont servi de base à ces calculs sont: pour l'*acide sulfureux*, puissance réfractive du gaz 0,001331, densité du gaz 2,247, densité du liquide 1,45; pour l'*ammoniaque*, puissance réfractive du gaz 0,000771, densité du gaz 0,591, densité du liquide 0,76; pour l'*hydrogène sulfuré*, puissance réfractive du gaz 0,001288, densité du gaz 1,178, densité du liquide 0,9. — Il ne faut pas oublier que les densités des gaz sont rapportées à l'air atmosphérique, et celles des liquides à l'eau.

(2) Voyez *Annal. de Chim. et de Phys.*, t. XXIV, p. 403.

# Analyse *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

## *Séance du lundi* 30 *mars* 1829.

*Communications manuscrites* : Lettre du docteur Lallemand, de Montpellier, annonçant qu'une large déchirure de la vessie a été guérie par lui, à l'aide d'une suture; Monographie des crustacés amphipodes, par M. Milne-Edwards; Mémoire sur les divisions géologiques des terrains, par M. Jobert aîné.

L'Académie, sur l'avis affirmatif de la Section de physique, décide qu'il y a lieu à procéder au remplacement de M. Lefèvre-Gineau.

Elle a entendu ensuite un rapport de la Section de physique sur le coup de foudre qui a frappé le magasin à poudre de Bayonne (*voyez* plus haut); un rapport de M. Poinsot, sur un Mémoire de MM. Dubois-Aymé et Bigeon, concernant les développées des courbes planes (le Mémoire ne présente rien de neuf, mais on y trouve des exemples variés et qui peuvent être utiles); enfin un rapport de M. Cauchy sur un travail de M. Paulet relatif à la théorie des nombres, dans lequel on n'a rien aperçu qui fût digne d'attention.

MM. Despretz et Cagniard-Latour ont terminé la séance par la lecture de deux Mémoires. Celui de M. Despretz est relatif aux modifications que subissent les métaux dans leurs propriétés physiques par l'action combinée du gaz ammoniacal et de la chaleur; M. Cagniard-Latour a examiné la cause des sons qu'on produit en soufflant avec la bouche.

*Séance du lundi 6 avril.*

*Lettres et Mémoires manuscrits :* Lettre de M. Quoy, sur les collections géologiques qui ont été recueillies pendant le voyage de l'Astrolabe; Épreuves lithographiques retouchées depuis le premier tirage, à l'aide d'un procédé inventé par MM. Chevallier et Langlumé; Mémoire de M. Robert, médecin du Lazareth de Marseille, sur l'identité de l'épidémie de Paris et d'une maladie connue aux Antilles sous le nom de *giraffe* ou de *colorado*; Lettre de M. Sérullas sur l'iodure d'azote; Note relative à la méthode des tangentes de Roberval, par M. Duhamel; Lettre de M. Julia-Fontenelle contenant une analyse succincte du travail fait en Italie par le D^r Trevisan, sur la mortalité des enfans nouveaux nés; Mémoire sur les condensations et les dilatations linéaires des corps solides, par M. Cauchy.

La Section de physique présente, en comité secret, la liste suivante de candidats pour la place actuellement vacante dans son sein :

M. Becquerel; MM. Cagniard-Latour et Pouillet, *ex æquo*; M. Despretz; M. Babinet; M. Lehot.

*Séance du lundi 13 avril.*

*Lettres et Mémoires manuscrits :* Mémoire de M. Nicolas Le Bœuf, sur le mouvement annuel de la terre; Nouvelles observations sur la fièvre jaune, par M. Leymerie; Notice sur la longévité au commencement du 19^me siècle, par M. Benoiston de Châteauneuf; Lettre de M. Sérullas contenant l'annonce que le chlorure

d'azote des chimistes est un chlorure d'hydrogène azoté; Description d'un nouvel appareil d'éclairage, par M. Galy-Cazalat et Dubain.

M. Blainville rend compte de la Description du cétacé échoué sur les côtes du département des Pyrénées orientales, que MM. Farines et Carcassonne avaient adressée à l'Académie.

M. Cuvier fait un rapport sur le Mémoire de M. Roulin, concernant une nouvelle espèce de Tapir que ce médecin a trouvée en Amérique. (*Voyez* plus bas.)

On procède au scrutin pour l'élection d'un membre. Au premier tour, MM. Becquerel et Pouillet obtiennent chacun 26 voix, et M. Cagniard 4; au second tour, MM. Becquerel et Pouillet réunissent chacun 28 voix. Conformément au règlement, le scrutin sera repris à la prochaine séance.

M. Tessier rend un compte verbal de l'ouvrage que M. le vicomte d'Harcourt a publié sous ce titre : *Réflexions sur l'état agricole et commercial des provinces centrales de la France.*

M. Poisson fait un rapport favorable sur un Mémoire de M. de Pontécoulant, relatif à la partie des inégalités de Jupiter et de Saturne qui dépend du carré de la force perturbatrice.

M. Poisson lit ensuite une Note sur la constitution intime des fluides.

---

Rapport *fait par MM.* G. Cuvier *et* Duméril, *sur le travail de M. le docteur* Roulin, *intitulé :* Mémoire pour servir à l'histoire des Tapirs, et description d'une nouvelle espèce appartenant aux hautes régions de la Cordillière des Andes, avec des considérations sur les animaux fabuleux dont l'histoire se rapporte à celle du Tapir.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 9 février 1829.)

Nous avons été chargés, M. Duméril et moi, de rendre compte à l'Académie d'un Mémoire qui lui a été présenté par M. le docteur Roulin, et qui a pour objet l'*histoire naturelle du Tapir*, particulièrement celle d'une nouvelle espèce de ce genre que l'auteur a découverte dans les hautes régions de la Cordilière des Andes.

On sait que, jusqu'à ces derniers temps, une seule espèce de tapir avait été connue des naturalistes, et même qu'on la connaissait si mal, que le véritable nombre de ses dents, ainsi que leur arrangement, n'a été indiqué, pour la première fois, que par notre confrère M. Geoffroy-Saint-Hilaire, et n'a été représenté, ainsi que toute son ostéologie, que dans les *Recherches* de l'un de nous *sur les ossemens fossiles*.

Une seconde espèce, plus grande et de couleur plus remarquable que celle d'Amérique, découverte à Sumatra et dans la presqu'île de Malaca, fut décrite et envoyée en Europe par MM. Duvaucel et Diard. Son ostéologie, assez différente de celle du tapir d'Amérique, a paru aussi dans l'ouvrage que nous venons de citer. A ces deux espèces, M. le docteur Roulin vient en ajouter

une troisième, parfaitement distincte des deux autres, et qui est même très-intéressante, en ce qu'elle se rapproche un peu, du moins par la tête, des formes des *paléothérium*. L'auteur avait déjà soupçonné son existence, d'après des passages d'*Oviédo*, et de quelques autres anciens auteurs espagnols, qui attribuent au tapir un poil épais et noirâtre, caractère qui ne convient point au tapir des plaines, lequel est presque nu. A la vérité, on pouvait croire que, transporté sur les hautes montagnes, son poil, comme celui de tant d'autres animaux, y aurait pris de l'épaisseur et de la force; mais M. Roulin ne conserva pas long-temps cette idée, lorsqu'il vit que le tapir des plaines ne s'élève pas au-dessus d'une certaine hauteur, et qu'après en avoir perdu pendant long-temps les traces, si remarquées par sa piste, par ses fumées et surtout par les sentiers qu'il pratique dans les broussailles, il revit des animaux de ce genre vers les sommets des montagnes. Il eut enfin le plaisir de trouver deux individus de cette espèce tués dans le paramo de Summapaz, à une journée de Bogota, et n'ayant pu en faire l'acquisition en entier, il en prit une figure, et en obtint du moins la tête et les pieds qu'il a rapportés à Paris.

La tête diffère du tapir commun par sa forme générale; son occiput n'est pas saillant, sa nuque est ronde et n'a point cette crête charnue, si remarquable dans l'espèce ordinaire; tout le corps est couvert d'un poil très-épais, d'un brun noirâtre, plus foncé à la pointe qu'à la racine; sur la croupe on voit de chaque côté une place nue, large comme deux fois la paume de la main, et au-dessus de la division des doigts, une raie blanche dégarnie

de poils ; le menton a une tache blanche qui se prolonge vers l'angle de la bouche et revient jusqu'à la moitié de la lèvre supérieure ; mais les caractères distinctifs les plus frappans de cette espèce ne se voient bien que dans son squelette. Ses arêtes temporales sont beaucoup plus basses, et ne se rapprochent pas pour former, comme dans le tapir commun, une crête unique et élevée ; le bord inférieur de sa mâchoire est beaucoup plus droite, les os du nez sont plus forts, plus allongés et plus saillans. Sous ces divers rapports, ce tapir des Andes ressemble davantage à celui de Sumatra, et toutefois indépendamment de la couleur, il en diffère par moins de hauteur proportionnelle de la tête.

La tête du tapir des Andes, ainsi que celle du tapir oriental, ressemble plus que celle du tapir ordinaire au paléotherium. Cette dernière, quant à l'ensemble, diffère principalement des tapirs par un crâne plus allongé et par des mâchoires courtes, surtout dans cette partie dénuée de dents, que l'on nomme *les barres*, et qui a lieu, comme on sait, dans ces deux genres, aussi bien que dans celui des chevaux. Les paléotherium, les lophiodons, les tapirs, les chevaux forment, sous ce rapport, comme sous beaucoup d'autres, quatre genres très-voisins et en quelque sorte une petite famille dans l'ordre des pachydermes.

Que l'on ne pense pas toutefois, qu'il y ait le moindre sujet de soupçonner une métamorphose de ce genre antédiluvien de paléotherium dans les tapirs de notre monde actuel ; les mâchelières des uns et des autres ne se ressemblent point, et les différences en sont même très-fortes ; beaucoup d'autres détails de leur ostéologie en

offrent de non moins grandes, et les tapirs ont aux pieds de devant un doigt de plus que les paléotherium. Or, il n'y a dans toute l'histoire des animaux aucun fait reconnu d'où l'on puisse induire que des changemens quelconques de régime, d'air et de température, aient produit une variation sensible dans la forme des dents, type le plus profond peut-être que la nature ait imprimé à ses ouvrages.

Sans doute, en se transportant en imagination dans des temps et des espaces dont personne n'aura d'idées positives, on peut tirer des prémisses vagues et arbitraires des conclusions qui ne le seront pas moins; mais, partir de ces généralités, sur lesquelles le raisonnement n'a pas de prise, mais dire nettement et en indiquant les espèces, tel animal du monde actuel descend en ligne directe de tel animal anté-diluvien, et le prouver par des faits ou par des inductions légitimes, voilà ce qu'il faudrait pouvoir faire, et c'est ce que, dans l'état actuel de nos connaissances, personne n'oserait seulement essayer.

Au reste, M. Roulin ne propose pas les hypothèses dont nous parlons, et ce n'est que par l'analogie du sujet que nous avons été conduits à en dire quelques mots; mais il ne laisse pas que d'éclaircir un fait qui a rapport à l'histoire des animaux anté-diluviens, et qui avait même fait avancer, par quelques auteurs, qu'un genre de ces animaux, celui des des mastodontes, existe probablement encore dans les hautes vallées des Cordilières. Il règne en effet parmi quelques-unes des peuplades de l'Amérique, l'opinion que les forêts de ces contrées nourrissent un grand animal connu sous le nom de *Pinchaqué*,

qu'ils redoutent beaucoup, et que les uns égalent au cheval, mais dont la taille est indiquée par d'autres comme beaucoup supérieure. On avait même prétendu en trouver des vestiges tout près de Bogota, et l'on en apporta des fumées avec la mesure de ses impressions; y joignant même des poils qui étaient demeurés attachés aux buissons; mais M. Roulin, d'après l'examen le plus suivi, montre que dans tout cela il n'est rien qui ne puisse se rapporter, soit à la nouvelle espèce de tapir, soit à l'ours des Cordilières. « C'est ainsi, dit-il, qu'un « grand nombre de faits, tous vrais en eux-mêmes, « venant se grouper autour d'un premier fait grossi par « la frayeur, ont dû confirmer les Indiens dans leur « croyance à un être tel que le *Pinchaqué*. Ils auraient « pu même douer cet animal d'une force prodigieuse, « dont on raconte des choses assez extraordinaires, sans « s'écarter en rien de la vérité. Le tapir des plaines lui- « même est si vigoureux qu'il rompt d'un premier effort « les lacets avec lesquels les chasseurs espagnols arrê- « tent les taureaux sauvages les plus furieux. »

Au reste, le *Pinchaqué* n'est pas le seul être fabuleux qui ait tiré son origine des récits exagérés faits sur les animaux du genre des tapirs. Les Chinois ont dans leurs livres un quadrupède qu'ils appellent *Mé*, et dont la figure est évidemment celle d'un tapir, avec la livrée du jeune âge, seulement avec une trompe exagérée pour la longueur, et ils lui attribuent des propriétés merveilleuses. Le vrai tapir, par exemple, brise et avale du bois, dans sa nature un peu brute; il saisit avec les dents toutes sortes de corps, il dévore les serpens, ronge le cuivre et le fer : tout cela peut avoir quelque fonde-

ment dans l'histoire de l'animal. Il n'en a pas fallu davantage pour faire dire que le *Mé* ronge le fer ; mais, selon M. Roulin, c'est aussi à lui que doivent se rapporter des fables bien plus anciennes et bien plus célèbres.

Des hommes peu instruits, voyant le *Mé* ou le tapir oriental de loin, et lorsque, dans l'état de repos, sa courte trompe infléchit son extrémité au-devant de sa bouche, ont pu croire cet animal armé d'un bec crochu assez semblable à celui de l'aigle, tandis que ses pieds divisés en doigts arrondis ont dû leur offrir quelque rapport avec ceux du lion, quand il tient ses ongles retirés ; de là, selon notre auteur, sera née la fable du *griffon*. En effet, quand le tapir est assis et en repos, il rappelle assez les figures que l'on donne du *griffon*, les ailes exceptées ; mais les ailes même paraissent être une addition postérieure, et comme le fait remarquer M. Roulin, « Hérodote n'en parle point encore dans sa description de cet animal mythologique. » Ces idées sont ingénieuses, et peuvent être appréciées ultérieurement par les savans qui s'occupent d'antiquités.

Quant aux naturalistes, M. Roulin leur fournit assez de faits nouveaux et certains pour mériter, dès-à-présent, leur reconnaissance. Il fait connaître tout ce qui a pu être observé des mœurs et des habitudes de son animal. Il entre dans des détails curieux sur la nomenclature des tapirs en général, dans différentes contrées de l'Amérique où ils habitent, et sur les erreurs dont elle a été l'objet de la part des écrivains. Il nous apprend que le nom d'*Anta* ou de *Danta*, qu'on lui donne dans beaucoup d'ouvrages, est un nom espagnol, qui s'entend génériquement de tous les animaux dont la peau peut

se préparer, comme celle du buffle, et fournir des vêtemens d'une certaine épaisseur ; et, à ce sujet, il nous donne des éclaircissemens pleins d'intérêt sur la manière dont les Espagnols et les Portugais, lors de leurs premiers progrès sur le continent de l'Amérique méridionale, ont transporté les noms des animaux d'Europe à des espèces toutes nouvelles pour eux, sans trop s'inquiéter des rapports réels de ces espèces avec celles auxquelles une ressemblance superficielle les faisait comparer. Les naturalistes pourront tirer parti de cette portion de son Mémoire, pour l'histoire de plusieurs animaux autres que le tapir; en un mot, on reconnaît partout dans le travail de ce savant voyageur, un esprit aussi actif qu'éclairé, et nous pensons que ce Mémoire, qui a l'avantage si rare d'avoir ajouté au catalogue des animaux un grand quadrupède appartenant à un genre qui, pendant long-temps, n'avait compté qu'une seule espèce, et qui de plus dissipe les nuages que des faits mal vus avaient jeté sur un point important de géologie, mérite toute l'approbation de l'Académie, et d'être imprimé dans le *Recueil des Savans étrangers*.

C. Duméril; G. Cuvier, *rapporteur*.

---

## Extrait *d'un Mémoire sur les os provenant de la viande de boucherie.*

Par M. D'Arcet.

Nous nous proposons, dans ce Mémoire, de rappeler l'attention de l'administration et d'éclairer l'opinion publique sur l'emploi de la gélatine des os, considérée

comme substance alimentaire. Les travaux longs et difficiles que nous avons entrepris dans ce but, depuis 1812, nous ont mis à portée de traiter à fond cette question économique, et nous portent à croire qu'avant peu d'années les os, cette source si riche de matière nutritive, prendront enfin le rang qui leur est dû parmi les substances animales employées pour la nourriture de l'homme. Nous soumettons ce travail au jugement des personnes éclairées qui se consacrent au soulagement de la classe indigente, et à l'augmentation de son bien-être et de son bonheur : nous désirons qu'elles approuvent le résultat de nos travaux, et nous espérons qu'elles voudront bien nous aider de leur appui pour nous faire atteindre le but utile que nous nous sommes proposé.

Les os doivent se diviser en deux classes, relativement à l'objet qui nous occupe : les os compactes, plats ou cylindriques, ne contenant que peu de graisse, et qui se vendent fort cher aux tourneurs, aux boutonniers, aux tabletiers et aux éventaillistes, doivent être mis à part et conservés pour ces usages. Les autres os, ceux qui restent après le triage dont nous venons de parler, et parmi lesquels se trouvent les têtes spongieuses des gros os et les extrémités des os plats, sont ceux que l'on doit employer comme substance alimentaire. De nombreuses analyses nous ont appris que ces os, étant séchés, contiennent environ par quintal :

| | |
|---|---|
| Substance terreuse... | 60 ; |
| Gélatine............ | 30 ; |
| Graisse............ | 10. |

Les têtes des gros os contiennent jusqu'à 50 pour cent de graisse. Il est à remarquer que les os de mouton et les

os qui proviennent de la viande rôtie donnent souvent de la graisse rance ou sentant le suif, et qu'on doit les mettre à part pour les traiter séparément.

100 kil. d'os, contenant 30 kil. de gélatine, et 10 grammes de gélatine suffisant pour *animaliser* un demi-litre d'eau, au moins autant que l'est le meilleur bouillon de ménage, 1 kil. d'os suffira pour préparer 30 bouillons de demi-litre; mais 1 kil. de viande ne peut fournir que 4 bouillons; d'où il suit que, à poids égal, les os abandonnent à l'eau sept fois et demie autant de matière animale que la viande.

100 kil. de viande de boucherie contiennent environ 20 kil. d'os; cette quantité de viande pouvant donner 400 bouillons, et les 20 kil. d'os pouvant servir à en préparer 600, on voit, qu'en extrayant toute la gélatine des os provenant d'une quantité donnée de viande, on peut faire trois bouillons avec les os, quand la viande et les os réunis n'en donnent actuellement que deux. Avec les os contenus dans la viande consommée dans le seul département de la Seine, on pourrait préparer plus de *huit cent mille* bouillons par jour.

On peut extraire toute la gélatine des os en les soumettant entiers à l'action de la vapeur; mais l'opération serait trop longue, à moins qu'on ne craignît pas de dénaturer une portion de la gélatine en employant de la vapeur fortement comprimée, et il vaut mieux les broyer; mais quelques précautions sont nécessaires.

On ne doit pas écraser les os à coups redoublés; car ils contracteraient ainsi une odeur empyreumatique fort désagréable: il faut d'abord les mouiller, et les écraser ensuite, autant que possible, en un seul coup, en les

faisant passer entre deux cylindres cannelés, ou sous un mouton assez pesant. En petit, on peut se servir d'un tas et d'une masse en bois, l'un et l'autre garnis d'une plaque de fonte taillée en pointes de diamant. Dans tous les cas il faut avoir soin de tremper dans l'eau les fragmens d'os qu'on veut briser de nouveau. On doit les employer immédiatement après, ou les tenir plongés dans l'eau fraîche, et mieux dans l'eau presque saturée de sel. Les os, soumis peu de tems après à une vapeur fortement comprimée, ou à une chaleur sèche de 130 à 140° C., se brisent très-facilement; mais ce procédé a l'inconvénient de dénaturer une partie de la graisse, et il ne doit être employé que pour ceux qui n'en contiennent pas ou pour les os sales et vieux.

La conservation des os comme substance alimentaire est d'une haute importance, d'autant plus qu'ils entrent facilement en putréfaction. Une portion de la gélatine se convertit en ammoniaque, et celle-ci, en se combinant avec la gélatine non décomposée, lui ôte la propriété de se prendre en gelée par le refroidissement, et la rend soluble dans l'eau froide.

Divers moyens de conservation ont été tentés; dans tous on doit commencer par dépouiller les os de leur graisse; autrement ils prennent à la longue une odeur rance qui nuit à leur consommation.

Les os concassés, bouillis dans une chaudière avec de l'eau, fournissent beaucoup de graisse; mais ils en conservent encore trop pour ne pas se rancir. On a proposé d'enlever, en la saponifiant par la soude, la graisse restante; mais le succès n'est pas complet: la gélatine est souvent altérée et conserve une odeur de savon désa-

gréable. La salaison, qu'on peut appliquer même aux os frais, serait préférable, si, en grand, elle n'était pas trop coûteuse, et si les produits en étaient aussi agréables qu'à l'état frais. Le moyen qui m'a le mieux réussi, est celui de Plowden pour la conservation des viandes, et qui consiste à les plonger dans une forte dissolution de jus de viande ou de gélatine, et à les faire sécher ensuite à l'air libre. Je prends une dissolution de gélatine contenant environ vingt centièmes de gélatine sèche; je la fais chauffer jusqu'à 80 ou 90°, et j'y trempe à plusieurs reprises les os nettoyés, concassés en petits morceaux et dépouillés ou non de leur graisse; les os sortant de la dissolution de gélatine sont mis à sécher sur des filets à l'air libre, et ensuite traités une ou deux fois de la même manière, pour augmenter l'épaisseur de la couche de gélatine : on termine par une parfaite dessiccation dans une étuve à 20 ou 25°.

L'extraction de la gélatine des os est une opération qui est encore mal connue, et qui demande des attentions particulières. Il paraît que la première tentative en est due à Papin, qui proposa, en 1681, pour cet objet, l'emploi de la vapeur comprimée; mais la gélatine qu'on obtenait par ce procédé était presque toujours altérée, avait une odeur empyreumatique désagréable, et ne se prenait plus en gelée.

L'ébullition des os râpés, avec de l'eau, sous la pression de l'atmosphère, n'a pas les mêmes inconvéniens; mais l'opération est longue et dispendieuse, et l'on n'obtient pas, à beaucoup près, toute la gélatine que les os peuvent fournir.

Il y a environ quinze ans j'organisai l'art d'extraire

la gélatine des os par le moyen des acides. Les résultats qu'on obtint furent des plus heureux, et si la direction en eût été confiée à des mains habiles, nul doute que la préparation de la gélatine, comme substance alimentaire, n'eût, depuis cette époque, acquis la plus grande extension.

En étudiant, à peu près à la même époque, les inconvéniens du procédé de Papin, je suis parvenu à les faire disparaître par des modifications aux appareils dont je m'étais assuré la propriété par un brevet qui est publié aujourd'hui (tom. XIV des Brevets d'invention, 264).

Le procédé qui me paraît le plus avantageux consiste à exposer les os à l'action de la vapeur ayant une faible tension; il doit le succès qu'il procure à ce que la vapeur, en se condensant jusque dans les pores des os, commence à en expulser la graisse, et en dissout ensuite successivement toute la gélatine: c'est la mise en fabrique d'un ancien procédé pharmaceutique oublié, mais qui se trouve cité dans la Pharmacie de Baumé, p. 108, édit. de 1790.

La présence de la graisse dans les os complique le procédé; cette graisse s'acidifie par la chaux carbonatée qu'ils contiennent, sous l'influence de la vapeur comprimée, et forme un savon insoluble qui met obstacle à la dissolution de la gélatine. Il importe par conséquent que les os soient dégraissés avant d'en séparer la gélatine. On parvient à ce résultat en faisant bouillir avec de l'eau, dans une chaudière découverte, les os convenablement broyés, comme on le fait ordinairement, ou en ne les exposant d'abord qu'à de la vapeur non comprimée.

L'extraction de la gélatine par la vapeur peu comprimée exige au moins quatre jours pour être complète. Les os brisés, dégraissés ou non, sont placés dans un panier cylindrique de fil de fer étamé, remplissant presque entièrement la capacité d'un cylindre métallique, dans lequel on le tient suspendu. Celui-ci étant fermé, on y fait arriver de la vapeur à une faible tension qui fond d'abord la graisse et dissout un peu de gélatine ; on augmente ensuite la tension. Les liquides sont retirés du cylindre au moyen d'un robinet placé à sa base ; la dissolution gélatineuse est obtenue plus ou moins concentrée, suivant la rapidité de condensation de la vapeur et la ténuité des fragmens d'os. Voici les principales circonstances auxquelles il est nécessaire d'avoir égard.

1°. Les os doivent être concassés en menus morceaux ; il faut les broyer d'autant mieux qu'ils sont plus compactes, plus chargés de graisse, et qu'ils doivent être épuisés plus promptement ou à plus basse température ;

2°. Les os broyés doivent être dégraissés préalablement, soit au moyen de l'eau bouillante, dans une chaudière ordinaire, soit dans les cylindres en y introduisant de la vapeur non comprimée, ou peut-être de l'eau qu'on y ferait chauffer par le moyen de la vapeur ;

3°. La vapeur d'eau doit être d'autant moins comprimée, et la durée de l'opération doit être d'autant plus prolongée, que l'on veut obtenir de la gélatine plus pure et se prenant mieux en gelée ;

4°. On aura plus d'économie à ne préparer que des dissolutions gélatineuses très-concentrées, que l'on ramènera ensuite à un degré de force convenable en les mélangeant avec de l'eau chaude. Pour obtenir ce résul-

tat, on aura soin de modérer la condensation de la vapeur dans les appareils ;

5°. Le degré de tension qui convient le mieux à la vapeur est celui de 960 millimètres de mercure, qui correspond à une température de 106 à 107 degrés. Des robinets placés sur les tuyaux qui conduisent la vapeur dans les appareils permettent d'en faire varier la tension à volonté et de la maintenir à un degré constant ;

La dissolution de gélatine sort des appareils parfaitement claire, si elle ne sort pas tumultueusement avec la vapeur. Etant sans saveur, on peut la faire servir à la prépartion de gelées alimentaires en la sucrant et l'aromatisant convenablement. Réduite au point de ne contenir que deux centièmes de gélatine sèche, elle est aussi chargée en matière animale que le meilleur bouillon de ménage, et peut servir soit pour *animaliser* tous les alimens de nature végétale, soit pour remplacer le bouillon, après l'avoir salée, colorée et aromatisée. Le sel qui convient le mieux pour lui donner une saveur agréable, d'après une observation intéressante de M. Braconnot, est un mélange de 70 parties de sel marin et 30 de chlorure de potassium. Evaporée au sortir du cylindre, après l'avoir aromatisée avec des légumes ou avec du jus de viande, on en obtient ou des tablettes de gélatine, ou des tablettes de bouillon. Ses applications sont nombreuses, et il est aisé d'en sentir tous les avantages comme substance alimentaire très-salubre.

La graisse contenue dans les os se saponifiant très-promptement lorsqu'ils sont exposés à l'action de la vapeur comprimée, il est avantageux de les dégraisser à l'eau bouillante, ou même à une température inférieure,

parce que la graisse est d'autant meilleure, qu'elle a été exposée à une température moins élevée. Les os abandonnent très-promptement leur graisse dans la vapeur un peu comprimée ; mais la quantité de graisse saponifiée et qui reste en combinaison insoluble avec la chaux s'élève à 4 ou 5 centièmes du poids des os, et mérite qu'on évite cette perte.

Un appareil composé de quatre cylindres est établi à l'Hôpital de la Charité. Chaque cylindre a $1^{m}$ de hauteur et $0^{m},333$ de diamètre, et contient environ $40^{k}$ d'os donnant environ mille bouillons par jour.

L'importance du travail de M. D'Arcet nous a déterminés à donner un extrait des objets principaux. Pour plus de détails, nous renvoyons au Mémoire original imprimé dans les *Annales de l'Industrie*, février, 1829.

---

## POIDS *atomistique de l'Iode et du Brome.*

PAR M. BERZELIUS.

Dans ses recherches sur les propriétés de l'iode, Gay-Lussac avait trouvé que 100 d'iode se combinent avec 26,225 de zinc, et avait conclu de ce résultat, que le poids atomistique de l'iode était 156,21 ; mais, au lieu de ce nombre, on trouve 153,756 si l'on prend 40,3226 pour le poids atomistique du zinc.

Prout a trouvé, par le même procédé, 155 pour le poids atomistique de l'iode, et Thomson l'a adopté d'après la décomposition qu'il a faite de l'iodure de potassium et de l'iodure de zinc par le nitrate de plomb.

Enfin, on peut conclure des expériences directes de Dumas sur la densité de la vapeur d'iode, que le poids atomistique de l'iode est 158,092.

Ces différences dans le poids atomistique de l'iode m'ont déterminé à m'en occuper ; j'ai décomposé, par le chlore, l'iodure d'argent fondu, et pour être plus sûr qu'il ne contenait pas d'avance du chlorure d'argent, je l'ai préparé de la manière suivante : j'ai dissous de l'iodure de potassium dans très-peu d'eau bouillante, et j'ai versé dans la dissolution quelques gouttes de nitrate d'argent ; j'ai redissous le précipité et j'ai étendu la dissolution de beaucoup d'eau froide qui a déterminé la précipitation du sel d'argent. Il est évident que si l'iodure de potassium eût contenu du chlorure de potassium, l'iodure d'argent précipité aurait dû contenir tout le chlore. La dissolution filtrée a été précipitée par le nitrate d'argent, et l'iodure obtenu a été fondu et décanté.

J'ai trouvé, en faisant passer très-lentement le chlore sur l'iodure en poudre, sans élever la température, qu'il était absorbé sans qu'il se dégageât d'iode, et que l'iodure, qui d'abord était jaune, devenait blanc ; mais, en chauffant légèrement, l'iode se volatilise, et il reste du chlorure d'argent. J'ai aussi trouvé que le chlorure d'argent, étant fondu dans le chlore, en absorbe une petite quantité, suffisante pour être sensible à la balance après le refroidissement. On doit par conséquent, pendant que le chlorure est en fusion, faire passer de l'air atmosphérique jusqu'à ce qu'on ne sente plus l'odeur de chlore.

5 grammes d'iodure d'argent, décomposés par le chlore,

ont produit 3g,062 de chlorure d'argent, d'où l'on déduit $\frac{1578,27}{2}$ pour le poids atomistique de l'iode. Dans une seconde expérience, 12g,212 d'iodure d'argent ont produit 7g,4755 de chlorure; ce qui donne $\frac{1578,29}{2}$ pour le poids de l'iode.

En adoptant la dernière, on aura 789,145 pour le poids atomistique de l'iode; 8,7011 pour la densité de la vapeur d'iode, laquelle ne diffère que de 0,0149 de celle de Dumas trouvée directement par l'expérience, et 4,4193 pour la densité du gaz hydriodique.

*Le poids atomistique du brome* a été déterminé par Balard; en décomposant le bromure de potassium par l'acide sulfurique, il l'a trouvé égal à 466,3 et à 471,45, en décomposant le bromure d'argent par le zinc et l'acide sulfurique.

Liebig, en dissolvant un poids connu d'argent dans l'acide nitrique, et le précipitant par le bromure de potassium, a obtenu 470,55.

Le brome pouvant contenir du chlore, j'ai commencé par le laver avec beaucoup d'eau, et j'en ai changé une partie en sel par l'ammoniaque, et l'autre par le zinc. J'ai ensuite précipité la dissolution avec un peu de nitrate d'argent très-étendu, et j'ai séparé le bromure d'argent, qui s'est trouvé d'un jaune plus pâle que celui obtenu après, preuve qu'il contenait effectivement du chlorure d'argent. Le dernier, après la fusion, est en masse jaune transparente; il est décomposé par le chlore plus lentement que l'iodure d'argent. A froid, l'action est très-faible et les dernières portions de brome adhèrent très-fortement. Dans chaque expérience j'ai

continué à faire passer le chlore trois quarts d'heure après la cessation de vapeur rouge.

La moyenne de deux expériences a donné 489,15 pour le poids atomistique du brome. La densité de la vapeur de brome est par conséquent de 5,3933, et celle de l'acide hydrobromique de 2,731.

(*Annalen der Physik.* 1828.)

---

## Acide *rosacique dans l'urine humaine.*

M. Henry fils, pendant des affections de rhumatismes aigus articulaires, accompagnés d'une fièvre nerveuse très-intense, a vu ses urines prendre une couleur très-rouge, et donner, en se refroidissant, un dépôt orangé très-abondant. Voulant s'assurer si cette propriété ne dépendait pas de la présence de l'acide rosacique, il a fait l'analyse de l'urine, et il a trouvé qu'elle était très-acide; que l'acide phosphorique et le phosphate de chaux y étaient fort abondans; que l'acide urique y avait presqu'entièrement disparu, et qu'il avait été remplacé par l'acide rosacique, qui était aussi fort abondant.

(*Journ. de Pharm.* tom. xv, pag. 228.)

---

*Décomposition des sulfates dans les eaux par les matières organiques.* M. Vogel a fait des expériences directes sur cet objet, et il a vu qu'une dissolution très-étendue de sulfate de soude et une dissolution saturée de sulfate de chaux, mêlées avec du sucre, de la gomme

arabique, de la glycyrrhizine, une infusion de bois, et conservées long-temps dans des cruches à l'abri de la lumière, ont été décomposées ; il s'est formé de l'acide hydrosulfurique, de l'acide carbonique et de l'acide acétique ; aussi ces eaux avaient une odeur forte d'acide hydrosulfurique, et portées à l'ébullition, elles ont donné un mélange de cet acide avec l'acide carbonique.

Ces observations peuvent expliquer la formation d'un grand nombre d'eaux hépatiques. M. Duménil avait déjà observé l'acide acétique dans quelques eaux minérales, et M. Vogel a constaté cette observation.

---

## ALCOATES, *ou combinaisons définies d'un sel et d'alcool.*

M. Graham a formé ces combinaisons en saturant à chaud l'alcool pur par des sels qu'il peut dissoudre et en laissant refroidir la dissolution. La cristallisation est ordinairement confuse ; les cristaux sont transparens, très-mous, facilement fusibles à la chaleur dans leur alcool de cristallisation, qui est généralement en quantité considérable.

*Alcoate de chlorure de calcium.* L'alcool a une grande affinité pour le chlorure de calcium et la dissolution est accompagnée de beaucoup de chaleur. Au degré de l'ébullition de l'alcool, 100 parties en dissolvent 70 de chlorure. On obtient par le refroidissement des lames en triangles isoscèles, formant, en se réunissant par quatre, des lames carrées, mais plus généralement des lames rectangulaires oblongues ; une disso-

lution moins concentrée donne des cristaux moins distincts, ne laissant reconnaître que des angles. Ces cristaux, pressés dans un linge et ensuite dans une feuille de papier, ont perdu, à la chaleur, 60 pour cent de leur poids ; ce qui donne pour leur composition, en prenant 2,875 pour le poids atomistique de l'alcool,

2 atomes de chlorure de calcium,
7 . . . . . . d'alcool.

Le chlorure de calcium cristallise difficilement dans l'alcool contenant tant soit peu d'eau, et pas du tout dans l'alcool de 0,827 de densité.

*Alcoate de nitrate de magnésie.* Ce sel ne peut être desséché sans se décomposer en partie. L'alcool, à la température de 31°, en dissout le quart de son poids, et plus de la moitié s'il est bouillant. Les cristaux sont confus, très-petits, brillans, et d'un blanc de perle. Ils sont formés de 1 atome de nitrate de magnésie et de 9 d'alcool.

*Alcoate de nitrate de chaux.* Il n'a été obtenu qu'en masse amorphe ; fortement pressé, il a été trouvé composé de 2 atomes de nitrate de chaux et de 5 d'alcool.

*Alcoate de proto-chlorure de manganèse*, est très-soluble dans l'alcool : il est formé de 1 atome de proto-chlorure de manganèse, et de 3 d'alcool.

*Alcoate de chlorure de zinc*; il est aussi très-soluble dans l'alcool. La dissolution rapprochée en consistance sirupeuse donne des cristaux isolés, mais si petits qu'on ne peut en déterminer la forme ; l'alcoate contient 2 atomes de chlorure et 1 d'alcool.

Le chlorure de magnésium et le proto-chlorure de fer

cristallisent aussi avec l'alcool; mais l'analyse de ces alcoates n'a pas été faite.

( *Annal. of Philosophy.* )

---

## SUR *la Prise du plâtre.*

### PAR M. GAY-LUSSAC.

TOUT le monde connaît la propriété que possède le plâtre, privé d'eau par la chaleur, de faire corps avec ce liquide. La consistance qu'il acquiert est très-variable, et ce sont précisément les plâtres les plus purs qui en prennent le moins. La cause en a été attribuée, pour celui de Paris, à la présence de quelques centièmes de carbonate de chaux; mais bien à tort sans doute; car la chaleur nécessaire pour cuire le plâtre, et qui en petit ne s'élève pas à 150°, n'est pas portée en grand au degré nécessaire pour décomposer le carbonate de chaux. D'ailleurs le plâtre cuit ne renferme pas ordinairement de chaux libre, et l'addition de cette base aux plâtres peu consistans ne les améliore pas sensiblement. Je pense qu'il faut chercher la différence des divers degrés de consistance que prennent avec l'eau les plâtres cuits, dans la dureté qu'ils présentent à l'état cru, dureté qu'on ne peut expliquer, et qu'on doit prendre comme un fait. Cela posé, je conçois qu'une pierre à plâtre dure, ayant perdu son eau, reprendra plus de consistance en revenant à son premier état qu'une pierre à plâtre naturellement tendre. C'est, en quelque sorte, l'arrangement moléculaire primitif qui se reproduit.

On voit ainsi de bon acier fondu, auquel on enlève son carbone en le cémentant avec de l'oxide de fer, donner ensuite, par une nouvelle cémentation avec du carbone, un acier beaucoup plus homogène et plus parfait que celui qu'on obtiendrait dans les mêmes circonstances par la cémentation du fer.

---

## ADDITION *au Mémoire concernant les variations diurnes de la durée moyenne des oscillations horizontales de l'aiguille aimantée, inséré dans le tome* XXXV *de ces Annales;*

PAR Mr A.-T. KUPFFER.

LES 18, 19 et 20 mars de l'année 1827, j'ai fait une série d'observations, pour déterminer plus exactement la correction relative aux changemens de température.

Dans le cours de la journée du 18 mars, quatre observations faites à dix heures du matin, à une heure, trois heures et demie et huit heures du soir, donnèrent 31",2190 pour la durée moyenne d'une oscillation à la température de 16° $\frac{1}{2}$ R. Le lendemain, je fis ouvrir une fenêtre, ce qui présenta quelques difficultés à cause de l'usage des doubles fenêtres, dont on ne peut se passer en Russie; mais, quoique l'air froid pénétrât dans la chambre par une ouverture assez considérable, la température dans l'intérieur de la cage vitrée où l'aiguille est suspendue, ne baissa que de quelques degrés. La moyenne entre quatre observations, exécutées aux mêmes heures, se trouva égale à 31,1933, à la température de

$12^{\circ}\frac{3}{4}$ ; ce qui donne une correction de 0″,0068 pour chaque degré octogésimal, au lieu de 0,0055, que j'avais trouvé précédemment. Le 20 mars, à huit heures du soir, la durée d'une oscillation était de 31,2143, à la température de 16° R., tandis qu'elle était, le 18, de 31″,2153, à la température de $16^{\circ}\frac{1}{2}$ ; ce qui donne une durée moyenne de 31,2148, à la température de $16^{\circ}\frac{1}{4}$ R. Le 19, à la même heure et à $12^{\circ}\frac{3}{4}$, R. de température, cette durée était égale à 31,1880 ; en comparant ce nombre au nombre précédent, on trouve 0,0073 pour la correction. Enfin, si l'on compare les observations des 18 et 19 mars, une à une, on trouve pour cette correction les valeurs suivantes : 0,0062 ; 0,0066 ; 0,0077 ; 0,0073.

Comme mes observations ont été interrompues par un accident survenu au seul chronomètre que j'avais, et que je n'ai pu encore les reprendre depuis, je communiquerai ici les résultats de celles qui n'ont pas encore été publiées, et qui font suite aux résultats exposés dans mon Mémoire cité.

| | Matin. Durée. | Tempér. | Soir. Durée. | Tempér. |
|---|---|---|---|---|
| 1826 décembre. | 31″,2347 | 15°,5 | 31,2406 | 16,2 |
| 1827 janvier. | 31 ,2397 | 15 ,7 | 31,2353 | 16,1 |
| février. | 2311 | 15 ,1 | 2285 | 16,5 |
| mars. | 2324 | 15 ,1 | 2254 | 16,1 |

En comparant les moyennes de six mois de deux années consécutives, ce qu'on ne peut faire que dans la supposition que l'intensité n'a pas sensiblement changé d'une année à l'autre, on trouve 0,0051 pour la correc-

tion relative à la température. Les légères différences qu'on remarque entre les valeurs de cette correction, ne changent pas les conclusions générales qu'on peut tirer de mes observations.

Je relève ici une erreur qui s'est glissée dans mon Mémoire cité, page 226, ligne 5, où il faut lire *trois quarts d'heure*, au lieu d'un *quart d'heure*.

---

## Lettre *de M. Braconnot à M. Gay-Lussac, sur son encre indélébile.*

En vous adressant quelques observations sur une matière colorante brune, je me suis beaucoup trop empressé, d'après quelques essais faits à la hâte, d'annoncer qu'elle pouvait être employée avantageusement comme encre indélébile ; car, l'ayant soumise dernièrement a de nouvelles épreuves, je n'ai pas tardé à me convaincre qu'elle ne méritait pas ce titre, puisque les caractères qu'elle a fournis ont disparu par des macérations successives dans le chlore et la potasse.

---

## Sur *la production de l'Outremer artificiel.*

Par M. Kuhlman.

L'on arriva à reconnaître la possibilité de préparer artificiellement de l'outremer, lorsque M. Vauquelin

publia dans les *Annales de Chimie*, vol. 89, qu'une matière bleue, trouvée dans un four à soude par M. Tassaert, lui avait présenté les propriétés physiques propres à cette précieuse couleur. Récemment les recherches de M. Guimet et celles de M. Gmelin ont eu les résultats les plus satisfaisans. Les procédés de préparation, publiés jusqu'ici, présentent toutefois assez de complication pour maintenir le prix de l'outremer artificiel à un taux fort élevé. Dans le désir de voir simplifier bientôt ces procédés, je crois utile de faire connaître un mode de production remarquable par sa simplicité.

En faisant réparer des fours à réverbère servant à calciner du sulfate de soude, je remarque quelquefois que la digue en briques qui sépare le produit du foyer est couverte, en différentes places, d'une couche d'outremer. Il paraît qu'antérieurement à la formation de l'outremer, il se produit du sulfure de sodium; car les couches bleues sont entourées de petits cristaux brillans, d'un rouge brun, formés de ce sulfure.

Le sulfate de soude s'est-il décomposé par l'action seule de la chaleur ou par l'action simultanée de la chaleur et du charbon du foyer? ou enfin s'est-il décomposé par l'influence de la silice et de l'alumine de l'argile? Ce sont des questions auxquelles je ne saurais encore répondre. Ce qu'il m'est essentiel de constater, c'est la possibilité de faire de l'outremer avec le sulfate de soude et l'argile. Je dois remarquer toutefois que le sulfate de soude, lorsqu'il n'est pas préparé avec un excès d'acide, peut, par la seule influence de la chaleur du four à réverbère, se convertir en sulfure et acquérir une couleur d'un rouge brique; lorsqu'il y a un excès d'acide en pré-

sence, cette décomposition ne peut avoir lieu et l'outremer ne saurait se former.

---

## Acide *hydrocyanique en contact avec les acides hydrochlorique et sulfurique.*

Par M. Kuhlman.

Il m'est arrivé quelquefois de pouvoir conserver pendant des années entières, sans altération, de l'acide hydrocyanique préparé d'après le procédé de M. Gay-Lussac; d'autres fois j'ai remarqué qu'il se décomposait dans les huit jours de sa préparation, ainsi que l'a signalé M. Gay-Lussac lui-même. En recherchant les causes qui pouvaient hâter ou retarder cette décomposition, j'essayai l'action de l'acide hydrochlorique sur l'acide hydrocyanique.

Je mêlai donc de l'acide muriatique liquide avec de l'acide prussique; au bout de 12 heures de temps, je vis, à mon grand étonnement, le flacon qui renfermait le mélange, tapissé intérieurement de beaux cristaux jaunes d'or, cubiques, dont une partie, était en trémies comme le sel marin. Plusieurs de ces cristaux étaient moins colorés, et ceux qui se précipitèrent par un contact plus prolongé, étaient entièrement incolores. La liqueur avait conservé sa limpidité et était diminuée de près de moitié par la formation de ces cristaux. Je recommençai mon expérience en mettant en contact moitié d'acide muriatique et moitié d'acide prussique; et comme la première opération avait eu lieu avec ce dernier acide

conservé depuis quelque temps, j'employai, pour cette seconde opération, de l'acide préparé tout récemment et avec les plus grands soins. Je n'obtins plus de cristaux jaunes, probablement parce que l'acide muriatique était en excès, mais une très-grande quantité de cristaux blancs, pareils à ceux qui s'étaient précipités dans la première expérience vers la fin de l'opération.

Ces cristaux blancs, chauffés dans un tube de verre, se réduisent en une vapeur blanche qui se condense sous la forme pulvérulente; traités par la chaux et de la potasse caustique, ils laissent dégager beaucoup d'ammoniaque; ils sont très-solubles dans l'eau; la dissolution précipite abondamment par le nitrate d'argent. Les cristaux jaunes de la première expérience blanchissaient à la première impression de chaleur, et se comportaient du reste comme il vient d'être dit. A la coloration près, dont je ne connais pas encore la cause, mais que j'attribue à la présence d'un excès d'acide hydrocyanique, ces cristaux blancs semblent n'être autre chose que du muriate d'ammoniaque. Aucun gaz ne s'est dégagé durant le contact des deux acides.

Ces premières expériences me conduisirent naturellement à examiner l'action des autres acides sur l'acide hydrocyanique. Je fis un mélange de parties égales environ d'acide sulfurique et d'acide hydrocyanique; le mélange se fit difficilement et avec une faible élévation de température. Deux jours de contact ne produisirent aucune matière cristalline; le liquide est resté incolore, et aucun dégagement de gaz n'eut lieu. Je sousmis dès-lors à l'action de la chaleur le mélange des deux acides: il se vaporisa d'abord de l'acide hydrocyanique; mais

bientôt l'odeur de l'acide hydrocyanique disparut, et il se produisit un dégagement abondant d'un gaz inflammable, probablement d'hydrogène carboné, et le liquide, encore incolore, se solidifia par le refroidissement en une masse cristalline composée d'aiguilles transparentes, bien reconnaissables pour du sulfate d'ammoniaque.

Les expériences que je viens de décrire, encore imparfaites, me semblent devoir trouver quelque jour place dans l'histoire de l'acide hydrocyanique.

---

## SUR *le Silicate de fer, de Bodenmais.*

### PAR LE PROF. KOBELL, A MUNICK.

Ce minéral, réduit en poudre très-fine, est attaqué par l'acide hydrochlorique.

20 parties ont donné les résultats suivans :

| | |
|---|---|
| Silice. | 6,12 |
| Protoxide de fer. | 10,32 |
| Soufre. | 0,18 |
| Eau. | 3,74 |
| | 20,36 |

Comme le minéral se trouve avec des pyrites, il est hors de doute que le souffre provient d'un petit mélange de ces dernières. En en faisant la soustraction, et ayant égard à l'augmentation de poids, on a :

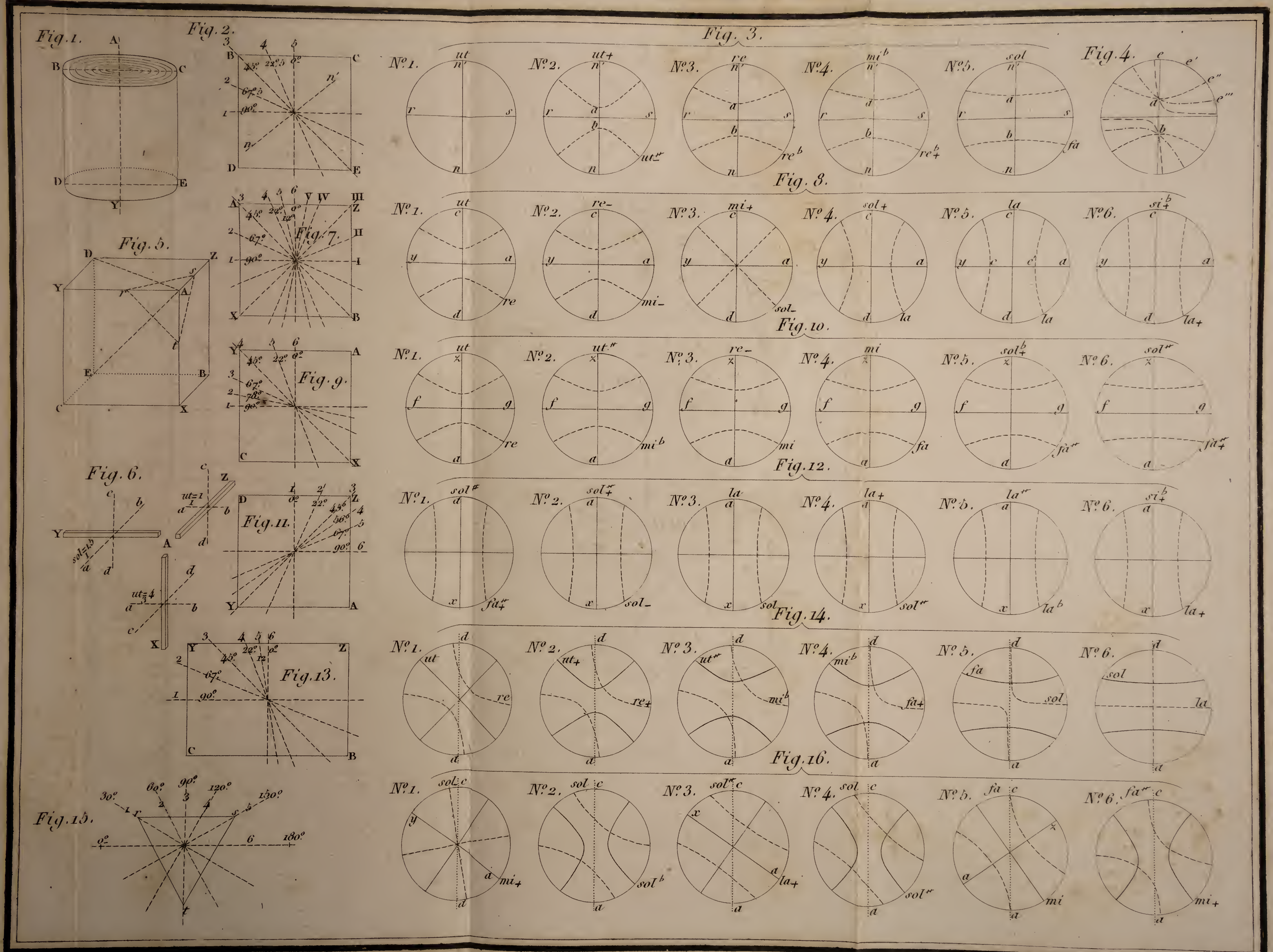
| | | | |
|---|---|---|---|
| Silice. | 31,28 | dont l'oxigène | 16,25 |
| Peroxide de fer | 50,86 | | 15,59 |
| Eau. | 19,12 | | 16,99 |
| | 101,26 | | |

On peut par conséquent considérer ce mineral comme un silicate de fer hydraté.

(*Annalen der Physik*, 1828.)

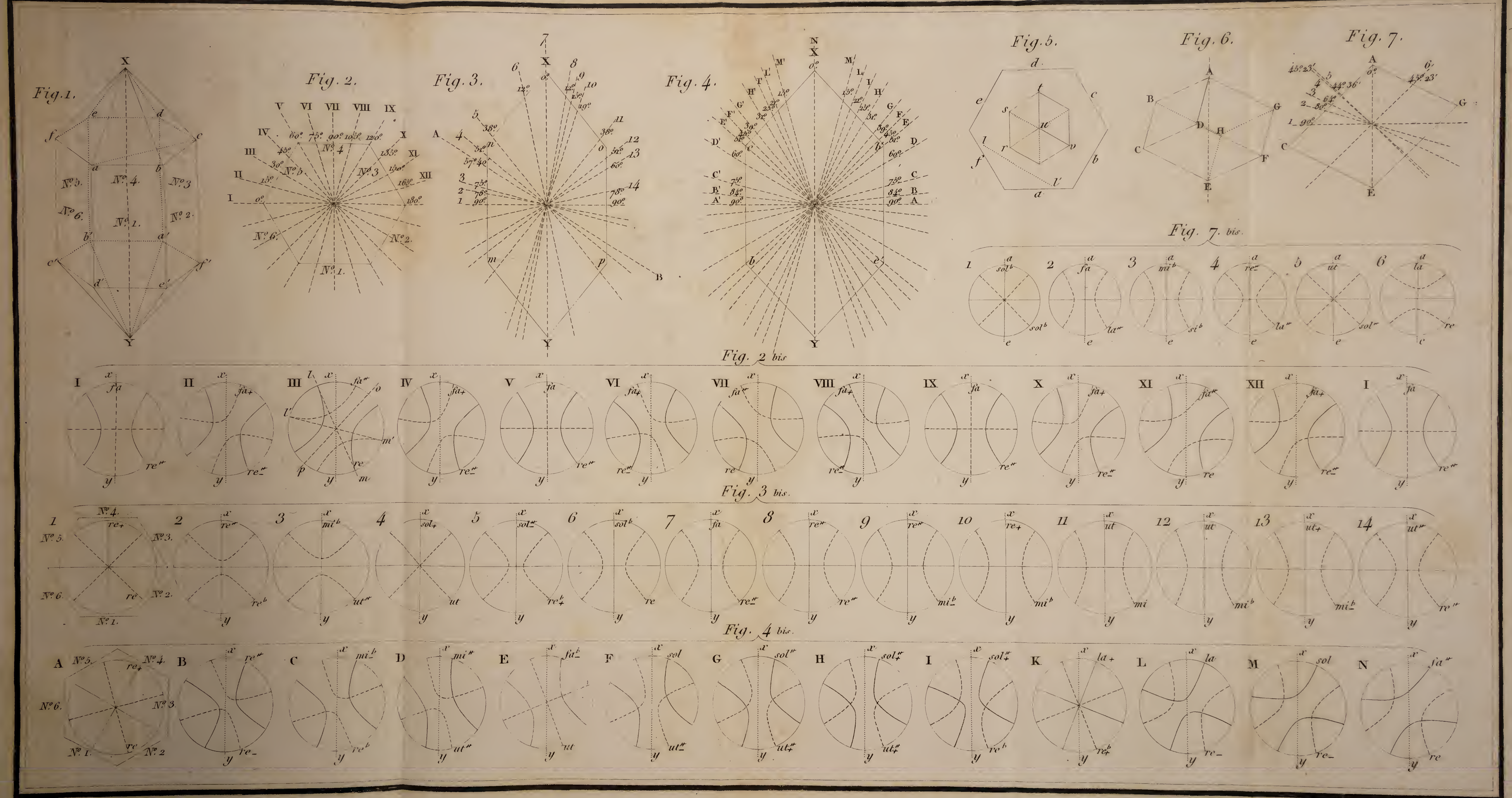
---

| JOURS. | 9 HEURES DU MATIN. | | | MIDI. | | | 3 HEURES DU SOIR. | | | 9 HEURES DU SOIR. | | | THERMOMÈTRE. | | ÉTAT DU CIEL à midi. | VENTS à midi. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Barom. a 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm. extér. | Hygr. | Barom. à 0°. | Therm extér. | Hygr. | maxim. | minim. | | |
| 1 | 741,44 | + 5,7 | 78 | 742,34 | + 6,2 | 69 | 742,90 | + 7,7 | 61 | 744,64 | + 5,7 | 68 | + 7,7 | + 4,2 | Couvert. | N. |
| 2 | 746,37 | + 6,0 | 63 | 746,48 | + 7,2 | 50 | 746,36 | + 8,5 | 48 | 748,70 | + 2,3 | 76 | + 8,5 | + 0,0 | Quelq. pet. nuages. | N. O. |
| 3 | 751,53 | + 7,5 | 70 | 751,90 | + 9,7 | 60 | 752,40 | + 5,7 | 80 | 754,00 | + 3,4 | 80 | + 9,7 | + 0,0 | Eclaircies. | O. |
| 4 | 754,10 | + 7,9 | 77 | 753 05 | +12 0 | 68 | 751,17 | +12,5 | 51 | 749 70 | + 7,8 | 84 | +12,5 | − 1,0 | Nuageux. | S. O. |
| 5 | 746,53 | +10,7 | 82 | 744,78 | +10,2 | 85 | 742,84 | +10,0 | 81 | 741,50 | + 7,0 | 88 | +10,8 | + 6,0 | Pluie abondante. | S. |
| 6 | 740,62 | +10,5 | 85 | 739,37 | +13 9 | 0 | 738,68 | +10,2 | 79 | 740,40 | + 6,0 | 84 | +13,9 | + 5,3 | Quelq petit. éclairc. | S. O. fort. |
| 7 | 738,10 | + 9,2 | 83 | 738,76 | +10,2 | 73 | 740,14 | +12,0 | 67 | 744,10 | + 8,9 | 80 | +12,0 | + 5,0 | Couvert. | S. O. |
| 8 | 747,02 | + 8,8 | 80 | 745,70 | +12,0 | 75 | 745,22 | +12,6 | 66 | 745 16 | + 7,3 | 85 | +12,6 | + 2,3 | Couvert. | S. |
| 9 | 740,10 | +10,2 | 82 | 740 83 | +11,7 | 74 | 740,78 | +13,0 | 69 | 744,96 | + 6,5 | 80 | +13,0 | + 4,5 | Couvert. | S |
| 10 | 747,02 | + 9,1 | 85 | 746,86 | +10,3 | 82 | 746,65 | +13,3 | 62 | 748,65 | + 6,8 | 85 | +13,3 | + 2,8 | Couvert. | S. |
| 11 | 751,32 | +11,7 | 78 | 751,12 | +14,7 | 67 | 749,68 | +13,0 | 71 | 748,30 | +10 5 | 90 | +14,7 | + 4,5 | Couvert | S. S. O. |
| 12 | 743,03 | +11,3 | 86 | 742 77 | +13,9 | 82 | 741,62 | +15,0 | 78 | 741,52 | +10,3 | 82 | +15,0 | + 9,2 | Pluie. | S. |
| 13 | 741,35 | +14,2 | 75 | 741,18 | +14,9 | 70 | 739,36 | +15,5 | 70 | 738,10 | +12,2 | 80 | +15,5 | + 9,2 | Couvert. | S très-fort. |
| 14 | 741,46 | +13,8 | 79 | 738,43 | +17,3 | 74 | 736,35 | +15,3 | 80 | 737,10 | +10,0 | 82 | +17,3 | + 7,8 | Couvert. | S. E. |
| 15 | 742,50 | +12,5 | 68 | 743,52 | +14,5 | 58 | 744,00 | +15,5 | 55 | 743,88 | + 9,0 | 72 | +15,5 | + 7,7 | Eclaircies. | S. O. fort. |
| 16 | 738,03 | +15,0 | 68 | 737,40 | +19,8 | 57 | 737,30 | +16,8 | 64 | 742,35 | + 9,6 | 75 | +19,8 | + 7,5 | Très-nuageux. | S. assez fort. |
| 17 | 751,04 | +13,1 | 68 | 751,88 | +13,2 | 60 | 752,26 | +15,2 | 56 | 754,80 | + 8,2 | 70 | +15,2 | + 7,0 | Nuages. | O |
| 18 | 755,60 | +14,0 | 70 | 755,66 | +14,5 | 63 | 754,80 | +14,8 | 57 | 755,80 | + 9,0 | 72 | +15,5 | + 5,5 | Très-nuagenx. | S O. |
| 19 | 755,00 | +13,2 | 65 | 754,66 | +14,7 | 55 | 753,70 | +17,7 | 51 | 753,10 | + 9,5 | 68 | +17,7 | + 7,7 | Nuageux. | O. assez fort. |
| 20 | 753,82 | +12,3 | 59 | 754,28 | +13,5 | 52 | 754 20 | +14 0 | 50 | 755,66 | + 8,8 | 66 | +14,8 | + 6,0 | Eclaircies. | O fort |
| 21 | 752,94 | +13,2 | 52 | 750,52 | +14,2 | 48 | 748,24 | +16,0 | 48 | 745,37 | +11,7 | 68 | +16,0 | + 5,2 | Couvert. | E. |
| 22 | 742,96 | +13,0 | 77 | 743,97 | +14,8 | 74 | 744,24 | +17,0 | 56 | 747,42 | +10,8 | 73 | +17,5 | + 8,5 | Couvert. | S. O. |
| 23 | 750,60 | +16,5 | 60 | 750,42 | +18,7 | 57 | 749,60 | +19,2 | 52 | 750,22 | +11,7 | 79 | +19,2 | + 7,2 | Nuageux. | S. |
| 24 | 750,45 | +15,5 | 73 | 750,90 | +17,8 | 64 | 750,38 | +18,0 | 61 | 750,20 | +15,5 | 71 | +19,3 | +10,8 | A demi-couvert. | S. |
| 25 | 748,39 | +15 5 | 75 | 749,68 | +18,2 | 65 | 750,64 | +16,5 | 60 | 752,45 | +11,7 | 76 | +18,2 | + 9,6 | Nuageux. | S. |
| 26 | 755,80 | + 8,5 | 76 | 756,48 | + 9,8 | 74 | 755,96 | +11,8 | 68 | 756,70 | + 8,0 | 70 | +11,8 | + 5,3 | Couvert. | E. N. E. |
| 27 | 753,85 | +10,0 | 62 | 752,96 | +11,7 | 50 | 751,80 | +12,0 | 49 | 751,76 | + 8,0 | 76 | +12,0 | + 3,0 | Quelques éclaircies. | N. O. |
| 28 | 754,00 | +10,3 | 66 | 751,94 | +13,3 | 56 | 748,90 | +14,5 | 57 | 745,32 | + 7,5 | 80 | +14 5 | + 5,5 | Couvert. | O. |
| 29 | 748,44 | + 6,0 | 73 | 749,50 | + 8,2 | 70 | 749,90 | + 8,5 | 63 | 751,80 | + 4,7 | 72 | + 9,0 | + 4,2 | Pluie. | N. O très f. |
| 30 | 754,90 | + 8,3 | 64 | 755,20 | + 9,0 | 50 | 755,12 | + 8,8 | 50 | 750,34 | + 6,0 | 70 | + 9,0 | + 3,5 | Couvert. | N. N. O. fort. |
| 1 | 745,28 | + 8,6 | 78 | 745,01 | +10 3 | 70 | 744,71 | +10 6 | 66 | 746,18 | + 6,2 | 81 | +11,4 | + 2,9 | Moyennes du 1 au 10. | Pluie. |
| 2 | 747,31 | +13 1 | 72 | 747,09 | +15,1 | 64 | 746,33 | +15,3 | 63 | 747 06 | + 9,7 | 75 | +16,1 | + 7,2 | Moyenn. du 11 au 20. | Cour, 7 420 |
| 3 | 751,23 | +11,7 | 68 | 751,16 | +13,6 | 61 | 750,48 | +14,2 | 57 | 750,16 | + 9,6 | 73 | +14,6 | + 6 3 | Moyenn. du 21 au 30. | Terrasse, 6,930 |
| | 747,94 | +11,1 | 73 | 747,75 | +13,0 | 65 | 747,17 | +13,3 | 62 | 747 80 | + 8,5 | 76 | +14,0 | + 5,5 | Moyennes du mois, | + 9 8. |

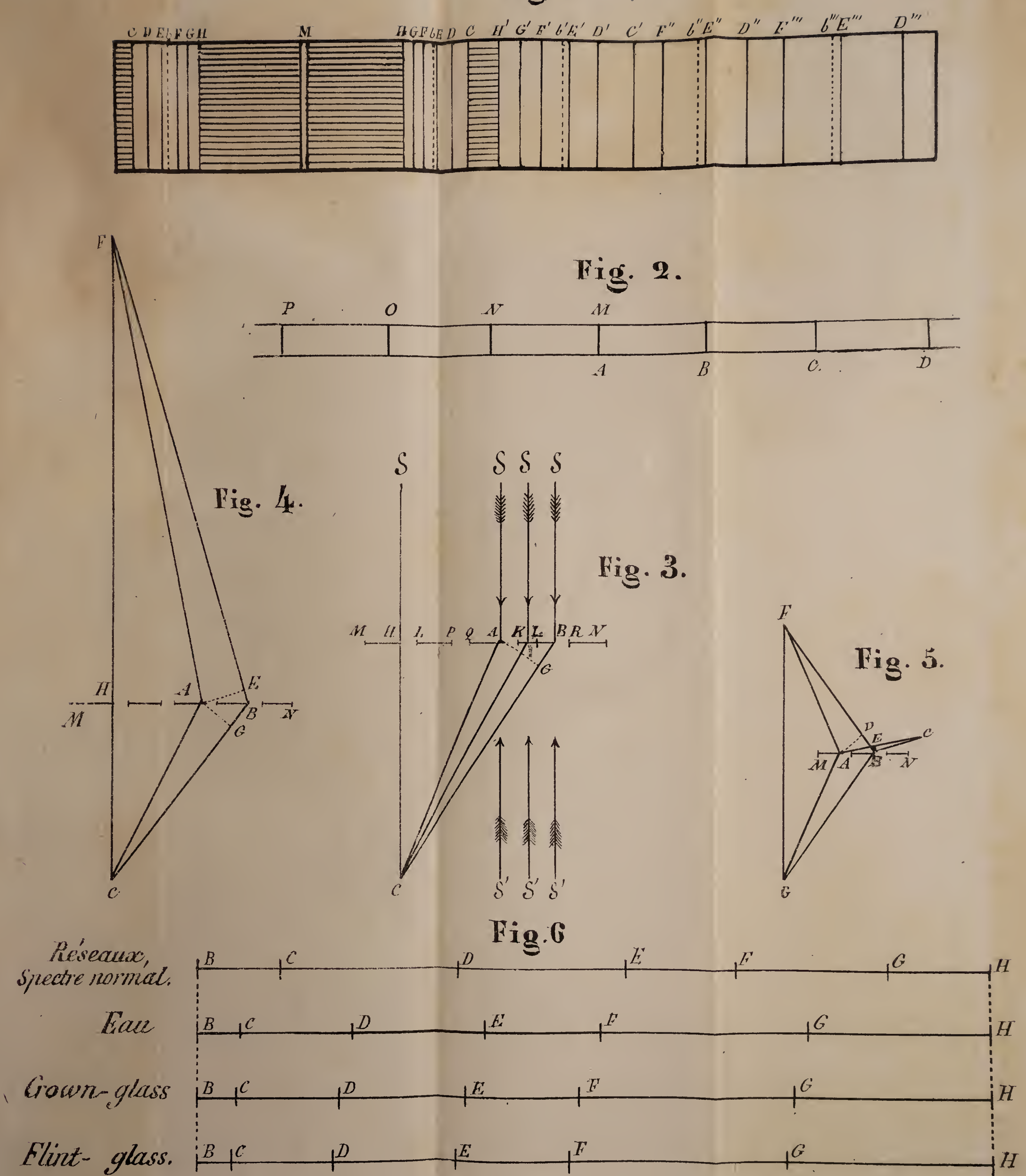



Ch. Marion del.

Gravé par Durau.




Ch. Marion del. Gravé par Dureau.




Litho. rue Dauphine, N.os 22 et 24.

# TABLE

## DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU QUARANTIÈME VOLUME.

